

Requested Patent: JP2000215432A

Title: PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING MEDIUM ;

Abstracted Patent: JP2000215432 ;

Publication Date: 2000-08-04 ;

Inventor(s): SUEMITSU KATSUMI ;

Applicant(s): NIPPON ELECTRIC CO ;

Application Number: JP19990009791 19990118 ;

Priority Number(s): JP19990009791 19990118 ;

IPC Classification: G11B5/66; G11B5/738 ;

Equivalents: JP3173490B2 ;

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce medium noise in recording and reproduction and to enhance the dependency of output on recording density. SOLUTION: In a perpendicular magnetic recording medium 10 with a base soft magnetic film 13 and a perpendicularly magnetized film 14, an NiAl film (crystal orientation and grain diameter controlling layer 12) containing 20-80 at.% Ni is interposed between the substrate 11 and the base soft magnetic film 13. An NiAl alloy film of (Ni<sub>a</sub>Al<sub>1-a</sub>)<sub>100-b-c-d-e</sub>Ti<sub>b</sub>Mo<sub>c</sub>V<sub>d</sub>We<sub>e</sub> (at.%) (0.20

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-215432  
(P2000-215432A)

(43)公開日 平成12年8月4日(2000.8.4)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード*(参考)
G 1 1 B 5/66		G 1 1 B 5/66	5 D 0 0 6
5/738		5/704	U

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 39 頁)

(21)出願番号 特願平11-9791

(22)出願日 平成11年1月18日(1999.1.18)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 末光 克巳

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 100065385

弁理士 山下 稯平

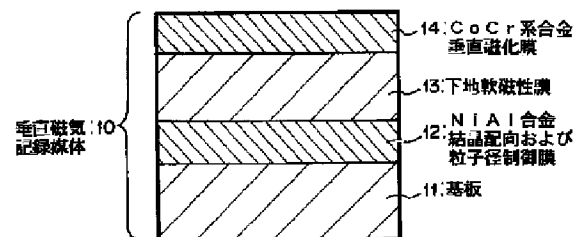
Fターム(参考) 5D006 BB02 BB07 CA01 CA04 CA05  
CA06 DA03 FA09

(54)【発明の名称】 垂直磁気記録媒体

(57)【要約】

【課題】 記録再生時における媒体ノイズの低減並びに出力の記録密度依存性を向上させた垂直磁気記録媒体を提供することを課題とする。

【解決手段】 下地軟磁性膜と垂直磁化膜を有する垂直磁気記録媒体において、基板と前記下地軟磁性膜の間に、Niが20at. %以上、80at. %以下の範囲で含まれるNiAl膜をもつことを特徴とする。また、基板と前記下地軟磁性膜の間に、 $(\text{NiAl}_{1-a})_{100-b-c-d-e}\text{TbMocVdWe}$  (at. %)とするNiAl合金膜を有し、前記aは、 $0.20 \leq a \leq 0.80$ の範囲とし、また、 $0 \leq b \leq 40$ 、 $0 \leq c \leq 40$ 、 $0 \leq d \leq 40$ 、 $0 \leq e \leq 40$ 、かつ $0.1 \leq b+c+d+e \leq 40$ の範囲とすることを特徴とする。前記軟磁性膜がFeSiAl膜、Fe膜、FeNi膜、FeCo膜であることを特徴とする。前記軟磁性膜が、FeSiAl、Fe、FeNiまたはFeCoに、Ti、Zr、Nb、Hf、TaまたはYのうち、少なくとも一種類以上の元素を、0.1at. %以上、30at. %以下添加した膜であることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 下地軟磁性膜と垂直磁化膜を有する垂直磁気記録媒体において、基板と前記下地軟磁性膜の間に、Niが20at. %以上、80at. %以下の範囲で含まれるNiAl膜をもつことを特徴とした垂直磁気記録媒体。

【請求項2】 下地軟磁性膜と垂直磁化膜を有する垂直磁気記録媒体において、基板と前記下地軟磁性膜の間に、(NiAl<sub>1-a</sub>)<sub>100-b-c-d-e</sub>Ti<sub>b</sub>Mo<sub>c</sub>V<sub>d</sub>We<sub>e</sub> (at. %)とするNiAl合金膜を有し、前記aは、0.20≤a≤0.80の範囲とし、また、0≤b≤40、0≤c≤40、0≤d≤40、0≤e≤40、かつ0.1≤b+c+d+e≤40の範囲とすることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項3】 請求項1又は2記載の垂直磁気記録媒体において、前記軟磁性膜がFeSiAl膜、Fe膜、FeNi膜、FeCo膜であることを特徴とした垂直磁気記録媒体。

【請求項4】 請求項1又は2記載の垂直磁気記録媒体において、前記軟磁性膜が、FeSiAl、Fe、FeNiまたはFeCoに、Ti、Zr、Nb、Hf、TaまたはYのうち、少なくとも一種類以上の元素を、0.1at. %以上、30at. %以下添加した膜であることを特徴とした垂直磁気記録媒体。

【請求項5】 請求項1又は2記載の垂直磁気記録媒体において、前記軟磁性膜が、FeSiAl、Fe、FeNiまたはFeCoにN、Si、B、C、AlまたはPのうち、少なくとも一種類以上の元素を0.1at. %以上、30at. %以下添加した膜であることを特徴とした垂直磁気記録媒体。

【請求項6】 請求項1又は2記載の垂直磁気記録媒体において、前記軟磁性膜が、FeSiAl、Fe、FeNiまたはFeCoにTi、Zr、Nb、Hf、TaまたはYのうち、少なくとも一種類以上の元素を0.1at. %以上、30at. %以下添加し、かつN、Si、B、C、AlまたはPのうち、少なくとも一種類以上の元素を0.1at. %以上、30at. %以下添加し、かつTi、Zr、Nb、Hf、Ta、Y、N、Si、B、C、AlおよびPの添加量の総和が0.2at. %以上、30at. %以下の膜であることを特徴とした垂直磁気記録媒体。

【請求項7】 基板と下地軟磁性膜と垂直磁化膜を順次有する垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記下地軟磁性膜の間に、結晶配向及び粒子径制御膜を有することを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項8】 請求項7に記載の垂直磁気記録媒体において、前記結晶配向及び粒子径制御膜は、NiAl膜又はNiAlTi膜であることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高記録密度の磁気

ディスク等として用いられる垂直磁気記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、パーソナルコンピュータやワークステーションの進歩に伴い、扱う情報量が年々増加していることからハードディスクドライブの大容量が求められている。その情報蓄積部分である磁気ディスクはさらなる高面密度化が必要とされている。しかし、現在広く普及している長手磁気記録方式では、高記録密度を実現しようとすると、記録ビットの微細化に伴う記録磁化の熱揺らぎや、記録ヘッドの記録能力を超えかねない媒体の高保磁力化が問題となってくる。そこで、これらの問題を解決しつつ、面記録密度を大幅に向上する手段として、垂直磁気記録方式が検討されている。

【0003】これを実現する垂直磁気記録媒体の一つとして、高透磁率の軟磁性膜と高い垂直異方性の垂直磁化膜からなる垂直磁気記録媒体がある。このような垂直磁気記録媒体の構成図を図38(A)に示す。

【0004】この垂直磁気記録媒体20は、下地軟磁性膜23および垂直磁化膜24がこの順に基板21上に形成されたものである。例えば、下地軟磁性膜23としてはNiFe膜、垂直磁化膜24としてはCoCr系合金膜が用いられる(日本応用磁気学会誌、Vol.8, No.1, 1984, p17)。

【0005】また、この垂直磁気記録媒体を対象とする特開平6-28652号公報には、基板上に高透磁率磁性膜、高透磁率磁性膜、反強磁性膜、反強磁性膜及び垂直磁化膜を順次形成した垂直磁気記録媒体における記録再生時において、バルクハウゼンノイズが抑制される反面、垂直磁化膜と高透磁率磁性膜との間の反強磁性膜の厚みが記録再生時にスペーシング損失として働いて再生出力レベルを低下させるので、高透磁率磁性膜の基板側の面にバイアス磁界付与膜を形成したことが記載されている。

【0006】また、同じく垂直磁気記録媒体を対象とする特開平10-228620号公報には、記録再生時のノイズ特性及びエンベロープ特性、並びに高記録密度での記録再生特性を向上させたもので、1-1000eの保持力を有する第一の軟磁性膜と、センダスト膜からなる第二の軟磁性膜と、垂直磁化膜とがこの順に基板上に形成されてことが記載されている。

【0007】本発明者等は現在出願中で出願公開前の特願平09-349810号において、基板と下地軟磁性膜センダストの間に表面平滑性の良好なクロム膜を挿入した垂直磁気記録媒体を発明・開示した。この垂直磁気記録媒体を先行発明の従来媒体と表示して、図38

(B)に示す。この垂直磁気記録媒体30は、Cr結晶配向制御膜32、FeSiAl下地軟磁性膜33およびCoCr系合金から成る垂直磁化膜34が、この順に基板31上に形成されたものである。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図38(B)に示した先行発明の従来媒体では、以下の問題が生じていた。

【0009】第一の問題は、記録再生の際の媒体ノイズが大きい点である。その理由は、Cr膜の結晶粒径が大きいために、その上に成膜するセンダスト膜およびCoCr系磁性膜の結晶粒径も大きくなってしまい、それがノイズの発生源になってしまっていた。

【0010】第二の問題は、出力の記録密度依存性が悪い点である。その第一の理由はbcc構造を取るCrの結晶配向性が悪いために、bcc構造を取るセンダスト膜の(110)配向が悪くなり、その上に成膜したhcp構造を取るCoCr合金膜のc軸配向性が悪くなるためである。第二の理由は初期層の膜厚が大きいためである。

【0011】[本発明の目的]本発明の目的は、記録再生時における媒体ノイズの低減並びに出力の記録密度依存性を向上させた垂直磁気記録媒体を提供することにある。

## 【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の垂直磁気記録媒体は、基板と下地軟磁性膜の間に、NiAl膜をもつことを特徴とする。結晶粒径が微細かつ均一であるNiAl膜の挿入により垂直磁化膜のc軸配向性の向上、および結晶子の微細化かつ均一化が可能である。そして低ノイズ化および出力の記録密度依存性の向上が実現可能である。

【0013】また、本発明による上記垂直磁気記録媒体において、基板と下地軟磁性膜の間に、 $(\text{Ni}_{1-a}\text{Al}_a)$ 100-b-c-d-eTibMocVdWe (at.%)とするNiAl合金膜をもつことを特徴とする。ただし $0.20 \leq a \leq 0.80$ の範囲とする。また $0 \leq b \leq 40$ 、 $0 \leq c \leq 40$ 、 $0 \leq d \leq 40$ 、 $0 \leq e \leq 40$ 、かつ $0.1 \leq b+c+d+e \leq 40$ の範囲とする。結晶粒径が微細かつ均一であるNiAl合金膜の挿入により垂直磁化膜のc軸配向性の向上、および結晶子の微細化かつ均一化が可能である。そして低ノイズ化および出力の記録密度依存性の向上が実現可能である。

【0014】また、本発明による上記垂直磁気記録媒体において、下地軟磁性膜がFeSiAl膜又は、Fe膜、FeNi膜、FeCo膜であることを特徴とする。結晶粒径が微細かつ均一であるNiAlまたはNiAl合金膜の挿入により垂直磁化膜のc軸配向性の向上、および結晶子の微細化かつ均一化が可能である。そして低ノイズ化および出力の記録密度依存性の向上が実現可能である。

【0015】また、本発明による上記垂直磁気記録媒体において、下地軟磁性膜がFeSiAl、Fe、FeNiまたはFeCoにTi、Zr、Nb、Hf、TaまたはYのうち一種類以上の元素を添加した膜であることを

特徴とする。結晶粒径が微細かつ均一であるNiAlまたはNiAl合金膜の挿入により垂直磁化膜のc軸配向性の向上、および結晶子の微細化かつ均一化が可能である。そして低ノイズ化および出力の記録密度依存性の向上が実現可能である。

【0016】また、本発明による上記垂直磁気記録媒体において、下地軟磁性膜がFeSiAl、Fe、FeNiまたはFeCoにN、Si、B、C、AlまたはPのうち一種類以上の元素を添加した膜であることを特徴とする。結晶粒径が微細かつ均一であるNiAlまたはNiAl合金膜の挿入により垂直磁化膜のc軸配向性の向上、および結晶子の微細化かつ均一化が可能である。そして低ノイズ化および出力の記録密度依存性の向上が実現可能である。

【0017】また、本発明による上記垂直磁気記録媒体において、下地軟磁性膜がFeSiAl、Fe、FeNiまたはFeCoにTi、Zr、Nb、Hf、TaまたはYのうち一種類以上の元素、およびN、Si、B、C、AlまたはPのうち一種類以上の元素を添加した膜であることを特徴とする。

【0018】また、本発明は、基板と下地軟磁性膜と垂直磁化膜を順次有する垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記下地軟磁性膜の間に、結晶配向及び粒子径制御膜を有することを特徴とする。

【0019】また、上記垂直磁気記録媒体において、前記結晶配向及び粒子径制御膜は、NiAl膜又はNiAlTi膜であることを特徴とする。

【0020】本発明による垂直磁気記録媒体は、この結晶粒径が微細かつ均一であるNiAlまたはNiAl合金膜の挿入により、垂直磁化膜のc軸配向性の向上、および結晶子の微細化かつ均一化が可能である。そして低ノイズ化および出力の記録密度依存性の向上が実現可能である。

## 【0021】

【発明の実施の形態】図1は、本発明に関わる垂直磁気記録媒体の一実施形態を示す概略断面図である。

【0022】本実施形態に関わる垂直磁気記録媒体は、結晶粒径が微細かつ均一であるNiAlあるいはNiAl合金膜からなる結晶配向および粒子径制御層12と、FeSiAl膜、Fe膜、FeNi膜、FeCo膜に、Ti、Zr、Nb、Hf、TaまたはYのうち一種類以上の元素、およびN、Si、B、C、AlまたはPのうち一種類以上の元素を添加した膜からなる下地軟磁性膜13と、CoCr系合金の垂直磁化膜14とが基板11上に形成されたものである。

【0023】結晶粒径が微細かつ均一であるNiAlあるいはNiAl合金膜を基板と軟磁性膜の間に挿入することにより、垂直磁化膜のc軸配向性の向上、結晶子の微細化かつ均一化が実現できる。その結果、媒体ノイズの低減、出力の記録密度依存性の向上を実現できる。

【0024】以下に本発明の実施例を示す。以下、特願平09-349810号における図38(B)の媒体を敢えて「従来媒体」や「先願媒体」と表現し、本発明に関わる垂直磁気記録媒体を「本発明媒体」とする。

【0025】

【実施例】以下、本発明による実施例について、詳細に説明する。

【0026】[実施例1] 本発明の実施例1として、基板11とする2.5インチのガラス基板上に、スパッタ法により6インチ直径の50Ni-50Al(at.%)ターゲットを用いて、結晶配向および粒子径制御層12のNiAl膜を10nm成膜した。成膜条件は、初期真空度 $5 \times 10^{-7}$  Torrにおいて、投入電力0.5kw、アルゴンガス圧5mTorrとした。

【0027】次に、NiAl膜上に6インチ直径の74Fe-16Si-10Al(at.%)ターゲットを用いて、同じ成膜条件で下地軟磁性膜13のFeSiAl膜を500nm成膜した。それらの上に6インチ直径の78Co-19Cr-3Ta(at.%)ターゲットを用いて、同じ成膜条件で垂直磁化膜14のCoCrTa膜を50nmそれぞれ成膜した。このようにして作製された媒体を本発明媒体A1とする。また同様の成膜条件でNiAlターゲットの代わりにCr(3N)ターゲットを用いてCr膜を10nm成膜し、本発明媒体A1と同様の条件で、FeSiAlおよびCoCrTa膜を成膜した媒体を従来媒体B1とする。

【0028】本発明媒体A1および従来媒体B1の垂直磁化膜のc軸配向性を調べるために、X線回折を用いてhcp(002)ピークのロッギングカーブの半値幅を求めた。Cr膜の代わりにNiAl膜を成膜することにより、CoCrTa膜のhcp(002)ピークのロッギングカーブの半値幅( $\Delta\theta 50$ )は6.1度から4.9度に低減し、垂直磁化膜のc軸配向性が向上した。

【0029】従来媒体B1および本発明媒体A1の垂直磁化膜の結晶粒径とその分散を断面透過型電子顕微鏡(TEM)を用いて調べた。Cr膜の代わりにNiAl膜を成膜することにより、CoCrTa膜の平均結晶粒径は28nmから21nmに低減し、結晶粒径の標準偏差は10nmから7nmに低減し、垂直磁化膜の結晶子の微細化かつ均一化につながっていることが分かる。

【0030】従来媒体B1、本発明媒体A1をID/MR複合ヘッドで記録再生の実験を行った。ここで、記録トラック幅は4 $\mu$ m、再生トラック幅は3 $\mu$ m、記録ギャップ長は0.4 $\mu$ m、再生ギャップ長は0.32 $\mu$ mである。評価は記録電流10mA<sub>op</sub>、センス電流12mA、周速度12.7m/s、浮上量45nm、ノイズのバンド帯域45MHzの条件下で行った。

【0031】図2に媒体ノイズの記録密度依存性を示す。これより、本発明媒体A1は、従来媒体B1に比較して全記録密度において媒体ノイズが小さく、ノイズ特

性が非常に優れていることが分かる。つまり、Cr膜をNiAl膜に代えることで、垂直磁化膜のc軸配向性を向上、および結晶子の微細化かつ均一化がなされ、低ノイズ化につながったものと考えられる。

【0032】図3に再生出力信号の記録密度依存性を示す。従来媒体B1に比べ、本発明媒体A1は記録密度の増大に伴う出力の減衰が遅く、高記録密度まで高出力を確保でき、高記録密度の実現が容易となる。これは垂直磁化膜のc軸配向性の向上が、出力の記録密度依存性の向上につながったと考えられる。

【0033】図2及び図3に示すように、本発明媒体A1は従来媒体B1に比較して全記録密度において媒体S/Nが良好であり、高記録密度対応の磁気ディスク媒体として優れている。すなわち本発明媒体A1を用いることにより、高記録密度の実現が容易となる。

【0034】また、本発明媒体A1と同じ作製条件でNi量が15、20、35、65、80および85at.%であるNiAlターゲットを用いて作製された媒体を、それぞれ媒体A2、A3、A4、A5、A6およびA7とする。従来媒体B1および媒体A1からA7の媒体について、ロッギングカーブの半値幅 $\Delta\theta 50$ 、平均結晶粒径、結晶粒径の標準偏差、ノイズ電圧、および孤立波出力電圧の2分の1となる周波数D50を測定した。その結果を図4に示す。

【0035】図4より本発明媒体A3、A4、A5およびA6が従来媒体B1よりこれらの特性が優れている。この理由はNiAl膜のNi含有率が適度であるので、NiAl膜の結晶性も良く、結晶粒径も小さいことから、垂直磁化膜のc軸配向性が向上し、さらに結晶子の微細化および均一化が成されたものと考えられる。

【0036】また、比較媒体A2およびA7は、従来媒体B1よりこれらの特性が劣っている。この理由はNiAl膜のNi含有率が適度でないので、NiAl膜の結晶性も悪く、結晶粒径も大きいことから、垂直磁化膜のc軸配向性が劣化し、かつ結晶粒径が大きくなり、結晶粒径が不均一になるためである。

【0037】以上より垂直磁気記録媒体において、基板と下地軟磁性膜の間の層をCr膜からNiが20at.%以上、80at.%以下の範囲で含まれるNiAl膜にすることで、垂直磁化膜のc軸配向性の向上、結晶子の微細化かつ均一化、低ノイズ化および出力の記録密度依存性の向上が実現可能である。

【0038】[実施例2] 本発明の実施例2として、基板11とする3.5インチのAl基板上にスパッタ法により6インチ直径の45Ni-45Al-10Ti(at.%)ターゲットを用いて、結晶配向および粒子径制御層12のNiAlTi膜を20nm成膜した。成膜条件は初期真空度 $6 \times 10^{-7}$  Torrにおいて、投入電力0.7kw、アルゴンガス圧6mTorrとした。

【0039】次に、NiAlTi膜上に6インチ直径の

74Fe-16Si-10Al (at. %) ターゲットを用いて、同じ成膜条件で下地軟磁性膜13のFeSiAl膜を500nm成膜した。それらの上に6インチ直径の78Co-20Cr-2Ta (at. %) ターゲットを用いて、同じ成膜条件で垂直磁化膜14のCoCrTa膜を100nmそれぞれ成膜した。

【0040】このようにして作製された媒体を本発明媒体C1とする。また、同様の成膜条件でNiAlTiターゲットの代わりにCr (3N) ターゲットを用いてCr膜を20nm成膜し、本発明媒体C1と同様の条件で、FeSiAlおよびCoCrTa膜を成膜した媒体を従来媒体D1とする。

【0041】従来媒体D1、本発明媒体C1の垂直磁化膜のc軸配向性を調べるために、実施例1と同様、X線回折を用いてhcp (002) ピークのロッギングカーブの半値幅を求めた。その結果CoCrTa膜のhcp (002) ピークのロッギングカーブの半値幅は4.4度から3.6度に低減し、垂直磁化膜のc軸配向性の向上につながっていることが分かる。

【0042】従来媒体D1、本発明媒体C1の垂直磁化膜の結晶粒径とその分散を断面TEMを用いて調べた。Cr膜の代わりにNiAlTi膜を成膜することにより、CoCrTa膜の結晶粒径は27nmから21nmに低減し、結晶粒径の分散は12nmから8nmに低減し、垂直磁化膜の結晶子の微細化かつ均一化につながっていることが分かる。

【0043】実施例1と同様に、Cr膜をNiAlTi膜に代えることで、垂直磁化膜のc軸配向性を向上させ、かつ結晶子の微細化および均一化が成されたものと考えられる。

【0044】従来媒体D1、本発明媒体C1をID/MR複合ヘッドで記録再生の実験を行った。ヘッド諸元および測定条件は、実施例1と同じである。

【0045】図5に媒体ノイズの記録密度依存性を示す。本発明媒体C1は従来媒体D1と比較して全記録密度において媒体ノイズが小さく、ノイズ特性が非常に優れていることが分かる。つまりCr膜をNiAlTi膜に代えることで、垂直磁化膜のc軸配向性を向上させ、かつ結晶子の微細化および均一化がなされ、低ノイズ化につながったものと考えられる。

【0046】図6に再生出力信号の記録密度依存性を示す。従来媒体D1に比べ、本発明媒体C1は記録密度の増大に伴う出力の減衰が遅く、高記録密度まで高出力を確保でき、高記録密度の実現が容易となる。垂直磁化膜のc軸配向性の向上が、出力の記録密度依存性の向上につながったと考えられる。

【0047】本発明媒体C1は従来媒体D1と比較すると、全記録密度において媒体S/Nが良好であり、高記録密度対応の磁気ディスク媒体として優れている。すなわち本発明媒体C1を用いることにより、高記録密度の

実現が容易となる。

【0048】また、本発明媒体C1と同じ作製条件で45Ni-45Al-10Ti (at. %) ターゲットの代わりに35Ni-35Al-30Ti、30Ni-30Al-40Tiおよび28Ni-28Al-44Ti (at. %) ターゲットを用いて作製された媒体をそれぞれ媒体C2、C3およびC4とする。従来媒体D1および媒体C1からC4について、ロッギングカーブの半値幅 $\Delta\theta$ 50、平均結晶粒径、結晶粒径の標準偏差、ノイズ電圧、および孤立波出力電圧の2分の1となる周波数D50を測定した。その結果を図7に示す。

【0049】媒体C2およびC3が従来媒体D1よりこれらの特性が優れている。この理由はNiAlへのTiの添加率が適度であるので、NiAl合金膜の結晶性も良く、結晶粒径も小さいことから、CoCrTa層の垂直磁化膜のc軸配向性が向上し、かつ結晶粒径が微細化および均一化するためである。

【0050】また媒体C4は従来媒体D1よりこれらの特性が劣っている。この理由はNiAlへのTiの添加率が多すぎるために、NiAl合金膜の結晶性が悪くなり、CoCrTa層の垂直磁化膜のc軸配向性が劣化するためである。

【0051】以上より垂直磁気記録媒体において、基板と下地軟磁性膜の間の層をCr膜から(Ni0.50Al10.50)100-aTia (at. %) 膜で、かつ $a \leq 40$ とするNiAl合金膜にすることで、垂直磁化膜のc軸配向性の向上、結晶子の微細化かつ均一化、低ノイズ化および出力の記録密度依存性の向上が実現可能である。

【0052】[実施例3] 本発明の実施例3として、3.5インチのAl基板上にスパッタ法により6インチ直径の(Ni0.67Al10.33)100-aMoa (at. %) ターゲットを用いて、NiAlMo膜を20nm成膜した。成膜条件は初期真空度 $6 \times 10^{-7}$  mTorrにおいて、投入電力0.7kw、アルゴンガス圧6mTorrとした。次にNiAlMo膜上に6インチ直径のFe (4N) ターゲットを用いて、同じ成膜条件でFe膜を500nm成膜した。それらの上に6インチ直径の76Co-18Cr-1Ta-5Pt (at. %) ターゲットを用いて、同じ成膜条件でCoCrTaPt膜を50nmそれぞれ成膜した。ここで $a=10$ 、31および40とした媒体をそれぞれ本発明媒体C5、C6、C7とし、 $a=43$ とした媒体を比較媒体C8とする。また媒体C5からC8と同様の成膜条件で、NiAlMoターゲットの代わりにCr (3N) ターゲットを用いてCr膜を20nm成膜し、媒体C5からC8と同様の条件でFeおよびCoCrTaPt膜を成膜した媒体を従来媒体D2とする。

【0053】従来媒体D2、本発明媒体C5、C6、C7および比較媒体C8について、ロッギングカーブの半

値幅 $\Delta\theta 50$ 、平均結晶粒径、結晶粒径の標準偏差、ノイズ電圧、および孤立波出力電圧の2分の1となる周波数D50を測定した。その結果を図8に示す。これらの測定方法は実施例1と同様である。

【0054】図8より媒体C5、C6およびC7が従来媒体D2よりこれらの特性が優れている。この理由はNiAlへのMoの添加率が適度であるので、NiAl合金膜の結晶性も良く、結晶粒径も小さいことから、CoCrTaPt層の垂直磁化膜のc軸配向性が向上し、かつ結晶粒径が微細化および均一化するためである。

【0055】また、媒体C8は従来媒体D2よりこれらの特性が劣っている。この理由はNiAlへのMoの添加率が多すぎるために、NiAl合金膜の結晶性が悪くなり、CoCrTaPt層の垂直磁化膜のc軸配向性が劣化するためである。

【0056】以上より垂直磁気記録媒体において、基板と下地軟磁性膜の間の層をCr膜から(Ni0.67Al0.33)100-aMo (at. %)膜で、かつ $a \leq 40$ とするNiAl合金膜にすることで、垂直磁化膜のc軸配向性の向上、結晶子の微細化かつ均一化、低ノイズ化および出力の記録密度依存性の向上が実現可能である。

【0057】[実施例4] 本発明の実施例4として、2.5インチのガラス基板上にスパッタ法により6インチ直径の(Ni0.33Al0.67)100-a(Ti0.50V0.50)a (at. %)ターゲットを用いて、NiAlTiV膜を10nm成膜した。成膜条件は初期真空度 $5 \times 10^{-7}$  Torrにおいて、投入電力0.5kw、アルゴンガス圧4mTorrとした。次にNiAlTiV膜上に6インチ直径の80Fe-20Co (at. %)ターゲットを用いて、同じ成膜条件で、FeCo膜を500nm成膜した。それらの上に6インチ直径の78Co-18Cr-4Ta (at. %)ターゲットを用いて、同じ成膜条件でCoCrTa膜を100nmそれぞれ成膜した。ここで $a=10, 30$ および $40$ とした媒体を、それぞれ本発明媒体C9、C10およびC11とし、 $a=46$ とした媒体を比較媒体C12とする。また媒体C9からC12と同様の成膜条件で、NiAlTiVターゲットの代わりにCr(3N)ターゲットを用いてCr膜を10nm成膜し、媒体C9からC12と同様の条件でFeCoおよびCoCrTa膜を成膜した媒体を従来媒体D3とする。

【0058】従来媒体D3、本発明媒体C9、C10およびC11および比較媒体C12について、ロッキングカーブの半値幅 $\Delta\theta 50$ 、平均結晶粒径、結晶粒径の標準偏差、ノイズ電圧、および孤立波出力電圧の2分の1となる周波数D50を測定した。その結果を図9に示す。これらの測定方法は実施例1と同様である。

【0059】図9より本発明媒体C9、C10およびC11が従来媒体D3よりこれらの特性が優れている。この理由はNiAlへのTiおよびVの添加率が適度であ

るので、NiAl合金膜の結晶性も良く、結晶粒径も小さいことから、CoCrTa層の垂直磁化膜のc軸配向性が向上し、かつ結晶粒径が微細化および均一化するためである。

【0060】また媒体C12は従来媒体D3よりこれらの特性が劣っている。この理由はNiAlへのTiおよびVの添加率が多すぎるために、NiAl合金膜の結晶性が悪くなり、CoCrTa層の垂直磁化膜のc軸配向性が劣化するためである。

【0061】以上より垂直磁気記録媒体において、基板と下地軟磁性膜の間の層をCr膜から(Ni0.33Al0.67)100-a(Ti0.50V0.50)a (at. %)膜で、かつ $a \leq 40$ とするNiAl合金膜にすることで、垂直磁化膜のc軸配向性の向上、結晶子の微細化かつ均一化、低ノイズ化および出力の記録密度依存性の向上が実現可能である。

【0062】[実施例5] 本発明の実施例5として、2.5インチのガラス基板上にスパッタ法により6インチ直径の(Ni0.50Al0.50)100-a(Mo0.80W0.10)a (at. %)ターゲットを用いて、NiAlMoW膜を15nm成膜した。成膜条件は初期真空度 $4 \times 10^{-7}$  Torrにおいて、投入電力0.4kw、アルゴンガス圧5mTorrとした。次にNiAlMoW膜上に6インチ直径の90Fe-10Ni (at. %)ターゲットを用いて、同じ成膜条件でFeNi膜を500nm成膜した。それらの上に6インチ直径の78Co-16Cr-3Ta-3Pt (at. %)ターゲットを用いて、同じ成膜条件でCoCrTaPt膜を60nmそれぞれ成膜した。ここで $a=10, 30$ および $40$ とした媒体を、それぞれ本発明媒体C13、C14およびC15とし、 $a=45$ とした媒体を比較媒体C16とする。また媒体C13からC16と同様の成膜条件で、NiAlMoWターゲットの代わりにCr(3N)ターゲットを用いてCr膜を15nm成膜し、媒体C13からC16と同様の条件でFeNiおよびCoCrTaPt膜を成膜した媒体を従来媒体D4とする。

【0063】従来媒体D4、本発明媒体C13、C14およびC15および比較媒体C16について、ロッキングカーブの半値幅 $\Delta\theta 50$ 、平均結晶粒径、結晶粒径の標準偏差、ノイズ電圧、および孤立波出力電圧の2分の1となる周波数D50を測定した。その結果を図10に示す。これらの測定方法は実施例1と同様である。

【0064】図10より本発明媒体C13、C14およびC15が従来媒体D4よりこれらの特性が優れている。この理由はNiAlへのMoおよびWの添加率が適度であるので、NiAl合金膜の結晶性も良く、結晶粒径も小さいことから、CoCrTaPt層の垂直磁化膜のc軸配向性が向上し、かつ結晶粒径が微細化および均一化するためである。

【0065】また媒体C16は従来媒体D4よりこれら

の特性が劣っている。この理由はNiAlへのMoおよびWの添加率が多すぎるために、NiAl合金膜の結晶性が悪くなり、CoCrTaPt層の垂直磁化膜のc軸配向性が劣化するためである。以上より垂直磁気記録媒体において、基板と下地軟磁性膜の間の層をCr膜から(Ni<sub>0.50</sub>Al<sub>0.50</sub>)<sub>100-x</sub>(Mo<sub>0.80</sub>W<sub>0.10</sub>)<sub>x</sub> (at. %)膜で、かつ $x \leq 40$ とするNiAl合金膜にすることで、垂直磁化膜のc軸配向性の向上、結晶子の微細化かつ均一化、低ノイズ化および出力の記録密度依存性の向上が実現可能である。

【0066】[実施例6] 本発明の実施例6として、2.5インチのガラス基板上にスパッタ法により6インチ直径の60Ni-40Al (at. %) ターゲットを用いて、NiAl膜を15nm成膜した。成膜条件は初期真空度 $6 \times 10^{-7}$  Torrにおいて、投入電力0.6kw、アルゴンガス圧4mTorrとした。次にNiAl膜上に6インチ直径の(Fe<sub>0.85</sub>Co<sub>0.15</sub>)<sub>100-x</sub>Zrx (at. %) ターゲットを用いて、同じ成膜条件でFeCoZr膜を400nm成膜した。それらの上に6インチ直径の76Co-17Cr-2Ta-5Pt (at. %) ターゲットを用いて、同じ成膜条件でCoCrTaPt膜を60nmそれぞれ成膜した。ここで $x=0.1, 10, 20$ および30とした媒体を、それぞれ本発明媒体E1、E2、E3およびE4とし、 $x=35$ および40とした媒体を比較媒体E5およびE6とする。また媒体E1からE6と同様の成膜条件で、60Ni-40Alターゲットの代わりにCr(3N)ターゲットを用いてCr膜を15nm成膜し、(Fe<sub>0.85</sub>Co<sub>0.15</sub>)<sub>100-x</sub>Zrx (at. %) ターゲットを用いてFeCoZr膜を成膜し、その後CoCrTaPt膜を成膜した。このCr膜を用いた媒体で $x=0.1, 10, 20, 30, 35$ および40とした媒体を、従来媒体F1、F2、F3、F4、F5およびF6とする。

【0067】従来媒体F1からF6、本発明媒体E1からE4および比較媒体E5およびE6について、ロッキングカーブの半値幅 $\Delta\theta 50$ 、平均結晶粒径、結晶粒径の標準偏差、ノイズ電圧、および孤立波出力電圧の2分の1となる周波数D50を測定した。その結果を図11、図12に示す。これらの測定方法は実施例1と同様である。

【0068】図11、図12より、本発明媒体E1、E2、E3およびE4が、それぞれ従来媒体F1、F2、F3およびF4よりこれらの特性が優れている。この理由はFeCoへのZrの添加率が適度であるので、結晶性の良いNiAl膜上のFeCo合金膜の結晶性も良く、結晶粒径も小さいことから、CoCrTa層の垂直磁化膜のc軸配向性が向上し、かつ結晶粒径が微細化および均一化するためである。

【0069】また比較媒体E5およびE6は、それぞれ従来媒体F5およびF6よりこれらの特性が劣ってい

る。この理由はFeCoへのZrの添加率が多すぎるために、FeCo合金膜の結晶性が悪くなり、CoCrTa層の垂直磁化膜のc軸配向性が劣化するためである。

【0070】以上より垂直磁気記録媒体の下地軟磁性膜として、 $x$ が0.1以上30以下である(Fe<sub>0.85</sub>Co<sub>0.15</sub>)<sub>100-x</sub>Zrx (at. %) ターゲットを用いてFeCoZr膜を成膜するとき、基板と下地軟磁性膜の間に60Ni-40Al (at. %) ターゲットを用いてNiAl膜を成膜した媒体の方が、Cr膜を成膜した媒体に比べ、垂直磁化膜のc軸配向性の向上、結晶子の微細化かつ均一化、低ノイズ化および出力の記録密度依存性の点で良いことがわかる。

【0071】[実施例7] 本発明の実施例7として、実施例6と同様に基板と下地軟磁性膜の間にNiAl合金膜を成膜した媒体と、同様の条件でCr(3N)ターゲットを用いてCrを成膜した媒体について、下地軟磁性膜の非磁性添加元素の量を変化させ、ロッキングカーブの半値幅 $\Delta\theta 50$ 、平均結晶粒径、結晶粒径の標準偏差、ノイズ電圧、および孤立波出力電圧の2分の1となる周波数D50を測定した。その結果を図13乃至図18に示す。これらの測定方法は実施例1と同様である。また垂直磁化膜の組成、下地軟磁性膜の組成、NiAl合金の組成、各層厚、初期真空度、投入電力およびアルゴンガス圧は図19に示す。

【0072】図13乃至図18より、(Fe<sub>0.74</sub>Si<sub>0.16</sub>Al<sub>0.10</sub>)<sub>100-x</sub>Tix (at. %) (Fe<sub>0.80</sub>Ni<sub>0.20</sub>)<sub>100-x</sub>(Nb<sub>0.50</sub>Hf<sub>0.50</sub>)<sub>x</sub> (at. %) およびFe<sub>100-x</sub>(Ti<sub>0.40</sub>Ta<sub>0.30</sub>Y<sub>0.30</sub>)<sub>x</sub> (at. %) 下地軟磁性膜の非磁性元素の添加率 $x$  (at. %) が0.1以上30以下である媒体では、基板と下地軟磁性膜の間にNiAl合金膜を成膜した媒体の方が、Cr膜を成膜した媒体に比べ、垂直磁化膜のc軸配向性の向上、結晶子の微細化かつ均一化、低ノイズ化および出力の記録密度依存性の点で良いことがわかる。

【0073】この理由は下地軟磁性膜へのTi、Zr、Nb、Hf、TaおよびYの添加率が適度であるので、結晶性の良いNiAl合金膜上の下地軟磁性膜の結晶性も良く、結晶粒径も小さいことから、垂直磁化膜のc軸配向性が向上し、かつ結晶粒径が微細化および均一化するためである。

【0074】また、 $x$  (at. %) が30以上である媒体では、下地軟磁性膜へのTi、Zr、Nb、Hf、TaおよびYの添加率が多すぎるために、下地軟磁性膜の結晶性が悪くなり、垂直磁化膜のc軸配向性が劣化するためである。

【0075】[実施例8] 本発明の実施例8として、実施例6と同様に基板と下地軟磁性膜の間にNiAl合金膜を成膜した媒体と、同様の条件でCr(3N)ターゲットを用いてCrを成膜した媒体について、下地軟磁性膜の非磁性添加元素の量を変化させ、ロッキングカーブの半値幅 $\Delta\theta 50$ 、平均結晶粒径、結晶粒径の標準偏



差、ノイズ電圧、および孤立波出力電圧の2分の1となる周波数D50を測定した。その結果を図20乃至図27に示す。これらの測定方法は実施例1と同様である。また垂直磁化膜の組成、下地軟磁性膜の組成、NiAl合金の組成、各層厚、初期真空度、投入電力およびアルゴンガス圧は図28に示す。

【0076】図20乃至図27により、 $\text{Fe}_{100-x}\text{Ni}_x$ (at. %) ( $\text{Fe}_{0.80}\text{Co}_{0.20}$ ) $100-x\text{Si}_x$ (at. %) ( $\text{Fe}_{0.70}\text{Ni}_{0.30}$ ) $100-x(\text{B}_{0.60}\text{Al}_{0.40})_x$ (at. %) および  $\text{Fe}_{100-x}(\text{Ni}_{0.30}\text{Co}_{0.50}\text{P}_{0.20})_x$ (at. %) 下地軟磁性膜の非磁性元素の添加率x (at. %) が0.1以上30以下である媒体では、基板と下地軟磁性膜の間にNiAl合金膜を成膜した媒体の方が、Cr膜を成膜した媒体に比べ、垂直磁化膜のc軸配向性の向上、結晶子の微細化かつ均一化、低ノイズ化および出力の記録密度依存性の点で良いことがわかる。

【0077】この理由は下地軟磁性膜へのN、Si、B、C、AlおよびPの添加率が適度であるので、結晶性の良いNiAl合金膜上の下地軟磁性膜の結晶性も良く、結晶粒径も小さいことから、垂直磁化膜のc軸配向性が向上し、かつ結晶粒径が微細化および均一化するためである。

【0078】また、x (at. %) が30以上である媒体では、下地軟磁性膜へのN、Si、B、C、AlおよびPの添加率が多すぎるために、下地軟磁性膜の結晶性が悪くなり、垂直磁化膜のc軸配向性が劣化するためである。

【0079】[実施例9] 本発明の実施例9として、2.5インチのガラス基板上にスパッタ法により6インチ直径の51Ni-46Al-3Ti (at. %) ターゲットを用いて、NiAl合金膜を15nm成膜した。成膜条件は初期真空度 $6 \times 10^{-7}$  Torrにおいて、投入電力0.5kw、アルゴンガス圧5mTorrとした。次にNiAl合金膜上に6インチ直径の( $\text{Fe}_{0.90}\text{Co}_{0.10}$ ) $100-x(\text{Ta}_{0.1}\text{C}_{1-y})_x$ (at. %) ターゲットを用いて、同じ成膜条件でFeCoTaC膜を500nm成膜した。それらの上に6インチ直径の79Co-18Cr-3Ta (at. %) ターゲットを用いて、同じ成膜条件でCoCrTa膜を60nmそれぞれ成膜した。ここでC添加率に対するTa添加率を $y=0.001, 0.35, 0.65$ および0.999と変化させ、各々のyについて $x=0.1, 10, 20$ および30とした媒体のロッピングカーブの半値幅 $\Delta\theta 50$ 、平均結晶粒径、結晶粒径の標準偏差、ノイズ電圧、および孤立波出力電圧の2分の1となる周波数D50を測定した。その結果を図29、図30に示す。また同様の作製条件で51Ni-46Al-3Ti (at. %) ターゲットの代わりにCr(3N)ターゲットを用いてCr膜を15nm成膜し、同様の条件でFeCoTaC膜を成膜し、その後CoCrTa膜を成膜したもののについての測定結果も併せて図29、図30に示す。

【0080】図29、図30により、 $y=0.001, 0.35, 0.65$ および0.999のすべてにおいて、( $\text{Fe}_{0.90}\text{Co}_{0.10}$ ) $100-x(\text{Ta}_{0.1}\text{C}_{1-y})_x$ 下地軟磁性膜の非磁性元素の添加率x (at. %) が0.1以上30以下である媒体では、基板と下地軟磁性膜の間にNiAl合金膜を成膜した媒体の方が、Cr膜を成膜した媒体に比べ、垂直磁化膜のc軸配向性の向上、結晶子の微細化かつ均一化、低ノイズ化および出力の記録密度依存性の点で良いことがわかる。

【0081】この理由は、下地軟磁性膜へのTaおよびCの添加率が適度であるので、結晶性の良いNiAl合金膜上の下地軟磁性膜の結晶性も良く、結晶粒径も小さいことから、垂直磁化膜のc軸配向性が向上し、かつ結晶粒径が微細化および均一化するためである。

【0082】また、 $y=0.001, 0.35, 0.65$ および0.999のすべてにおいて、x (at. %) が30以上である媒体では、下地軟磁性膜へのTaおよびCの添加率が多すぎるために、下地軟磁性膜の結晶性が悪くなり、垂直磁化膜のc軸配向性が劣化するためである。

【0083】[実施例10] 本発明の実施例10として、実施例6と同様に基板と下地軟磁性膜の間にNiAl合金膜を成膜した媒体と、同様の条件でCr(3N)ターゲットを用いてCrを成膜した媒体について、下地軟磁性膜の非磁性添加元素の量を変化させ、ロッピングカーブの半値幅 $\Delta\theta 50$ 、平均結晶粒径、結晶粒径の標準偏差、ノイズ電圧、および孤立波出力電圧の2分の1となる周波数D50を測定した。その結果を図31乃至図36に示す。これらの測定方法は実施例1と同様である。また垂直磁化膜の組成、下地軟磁性膜の組成、NiAl合金の組成、各層厚、初期真空度、投入電力およびアルゴンガス圧は図37に示す。

【0084】図31乃至図36により、( $\text{Fe}_{0.75}\text{Co}_{0.25}$ ) $100-x(\text{Zr}_{0.40}\text{Co}_{0.60})_x$ (at. %)  $\text{Fe}_{100-x}(\text{Nb}_{0.30}\text{Y}_{0.10}\text{Al}_{0.40}\text{P}_{0.20})_x$  (at. %) および ( $\text{Fe}_{0.74}\text{Si}_{0.16}\text{Al}_{0.10}$ ) $100-x(\text{Ti}_{0.25}\text{Hf}_{0.20}\text{Si}_{0.15}\text{B}_{0.40})_x$ (at. %) 下地軟磁性膜の非磁性元素の添加率x (at. %) が0.1以上30以下である媒体では、基板と下地軟磁性膜の間にNiAl合金膜を成膜した媒体の方が、Cr膜を成膜した媒体に比べ、垂直磁化膜のc軸配向性の向上、結晶子の微細化かつ均一化、低ノイズ化および出力の記録密度依存性の点で良いことがわかる。

【0085】この理由は下地軟磁性膜へのTi、Zr、Nb、Hf、Ta、Y、N、Si、B、C、AlおよびPの添加率が適度であるので、結晶性の良いNiAl合金膜上の下地軟磁性膜の結晶性も良く、結晶粒径も小さいことから、垂直磁化膜のc軸配向性が向上し、かつ結晶粒径が微細化および均一化するためである。

【0086】また、x (at. %) が30以上である媒体では、下地軟磁性膜へのTi、Zr、Nb、Hf、T

a、Y、N、Si、B、C、AlおよびPの添加率が多すぎるために、下地軟磁性膜の結晶性が悪くなり、垂直磁化膜のc軸配向性が劣化するためである。

【0087】

【発明の効果】本発明による垂直磁気記録媒体によれば、Niが20at.%以上80at.%以下の範囲で含まれるNiAl膜を基板と下地軟磁性膜の間にもつこととしたために、垂直磁化膜のc軸配向性が向上し、かつ結晶子の微細化および均一化が成されたものと考えられる。したがって媒体ノイズを低下させ、再生出力電圧の記録密度依存性の向上を図ることができる。

【0088】また、本発明による垂直磁気記録媒体によれば、(NiAl<sub>1-a</sub>)<sub>100-b-c-d-e</sub>TiBMoVdWe (at.%)とするNiAl合金膜を基板と下地軟磁性膜の間にもつこととしたために、垂直磁化膜のc軸配向性が向上し、かつ結晶子の微細化および均一化が成されたものと考えられる。したがって媒体ノイズを低下させ、再生出力電圧の記録密度依存性の向上を図ることができる。ただし0.20 ≤ a ≤ 0.80の範囲とする。また0 ≤ b ≤ 40、0 ≤ c ≤ 40、0 ≤ d ≤ 40、0 ≤ e ≤ 40、かつ0.1 ≤ b + c + d + e ≤ 40の範囲とする。

【0089】また、本発明による下地軟磁性膜がFeSiAl膜、Fe膜、FeNi膜またはFeCo膜である垂直磁気記録媒体において、NiAl合金膜を基板と下地軟磁性膜の間にもつこととしたために、垂直磁化膜のc軸配向性が向上し、かつ結晶子の微細化および均一化が成されたものと考えられる。したがって媒体ノイズを低下させ、再生出力電圧の記録密度依存性の向上を図ることができる。

【0090】また、本発明による下地軟磁性膜がFeSiAl、Fe、FeNiまたはFeCoにTi、Zr、Nb、Hf、TaまたはYのうち、少なくとも一種類以上の元素を0.1at.%以上、30at.%以下添加した膜である垂直磁気記録媒体において、NiAl合金膜を基板と下地軟磁性膜の間にもつこととしたために、垂直磁化膜のc軸配向性が向上し、かつ結晶子の微細化および均一化が成されたものと考えられる。したがって媒体ノイズを低下させ、再生出力電圧の記録密度依存性の向上を図ることができる。

【0091】また、本発明による下地軟磁性膜がFeSiAl、Fe、FeNiまたはFeCoにN、Si、B、C、AlまたはPのうち、少なくとも一種類以上の元素を0.1at.%以上、30at.%以下添加した膜である垂直磁気記録媒体において、NiAl合金膜を基板と下地軟磁性膜の間にもつこととしたために、垂直磁化膜のc軸配向性が向上し、かつ結晶子の微細化および均一化が成されたものと考えられる。したがって媒体ノイズを低下させ、再生出力電圧の記録密度依存性の向上を図ることができる。

【0092】また、本発明による下地軟磁性膜がFeS

iAl、Fe、FeNiまたはFeCoにTi、Zr、Nb、Hf、TaまたはYのうち、少なくとも一種類以上の元素を0.1at.%以上、30at.%以下添加し、かつN、Si、B、C、AlまたはPのうち、少なくとも一種類以上の元素を0.1at.%以上、30at.%以下添加した膜である垂直磁気記録媒体において、NiAl合金膜を基板と下地軟磁性膜の間にもつこととしたために、垂直磁化膜のc軸配向性が向上し、かつ結晶子の微細化および均一化が成されたものと考えられる。したがって媒体ノイズを低下させ、再生出力電圧の記録密度依存性の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に関わる垂直磁気記録媒体の一実施形態を示す概略断面図である。

【図2】本発明の実施例1における、媒体ノイズの記録密度依存性を示すグラフである。

【図3】本発明の実施例1における、再生出力信号の記録密度依存性を示すグラフである。

【図4】本発明の実施例1における、各層の層厚、媒体作製条件および測定結果を示す図表である。

【図5】本発明の実施例2における、媒体ノイズの記録密度依存性を示すグラフである。

【図6】本発明の実施例2における、再生出力信号の記録密度依存性を示すグラフである。

【図7】本発明の実施例2における、各層の層厚、媒体作製条件および測定結果を示す図表である。

【図8】本発明の実施例3における、各層の層厚、媒体作製条件および測定結果を示す図表である。

【図9】本発明の実施例4における、各層の層厚、媒体作製条件および測定結果を示す図表である。

【図10】本発明の実施例5における、各層の層厚、媒体作製条件および測定結果を示す図表である。

【図11】本発明の実施例6における、各種測定結果を示すグラフである。

【図12】本発明の実施例6における、各種測定結果を示すグラフである。

【図13】本発明の実施例7における、各種測定結果を示すグラフである。

【図14】本発明の実施例7における、各種測定結果を示すグラフである。

【図15】本発明の実施例7における、各種測定結果を示すグラフである。

【図16】本発明の実施例7における、各種測定結果を示すグラフである。

【図17】本発明の実施例7における、各種測定結果を示すグラフである。

【図18】本発明の実施例7における、各種測定結果を示すグラフである。

【図19】本発明の実施例7における、各層の層厚、媒体作製条件を示す図表である。

【図20】本発明の実施例8における、各種測定結果を示すグラフである。

【図21】本発明の実施例8における、各種測定結果を示すグラフである。

【図22】本発明の実施例8における、各種測定結果を示すグラフである。

【図23】本発明の実施例8における、各種測定結果を示すグラフである。

【図24】本発明の実施例8における、各種測定結果を示すグラフである。

【図25】本発明の実施例8における、各種測定結果を示すグラフである。

【図26】本発明の実施例8における、各種測定結果を示すグラフである。

【図27】本発明の実施例8における、各種測定結果を示すグラフである。

【図28】本発明の実施例8における、各層の層厚、媒体作製条件を示す図表である。

【図29】本発明の実施例9における、各種測定結果を示すグラフである。

【図30】本発明の実施例9における、各種測定結果を示すグラフである。

【図31】本発明の実施例10における、各種測定結果を示すグラフである。

【図32】本発明の実施例10における、各種測定結果を示すグラフである。

【図33】本発明の実施例10における、各種測定結果

を示すグラフである。

【図34】本発明の実施例10における、各種測定結果を示すグラフである。

【図35】本発明の実施例10における、各種測定結果を示すグラフである。

【図36】本発明の実施例10における、各種測定結果を示すグラフである。

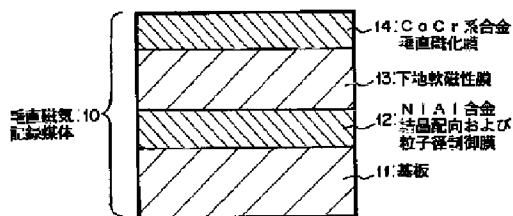
【図37】本発明の実施例10における、各層の層厚、媒体作製条件を示す図表である

【図38】従来の垂直磁気記録媒体を示す概略断面図である。

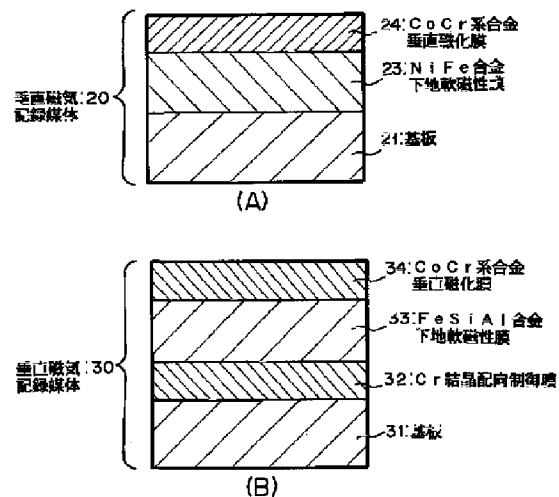
#### 【符号の説明】

- 10 垂直磁気記録媒体
- 11 ガラス基板
- 12 結晶配向制御膜
- 13 下地軟磁性膜
- 14 垂直磁化膜
- 20 垂直磁気記録媒体
- 21 ガラス基板
- 23 下地軟磁性膜
- 24 垂直磁化膜
- 30 垂直磁気記録媒体
- 31 ガラス基板
- 32 結晶配向制御膜
- 33 下地軟磁性膜
- 34 垂直磁化膜

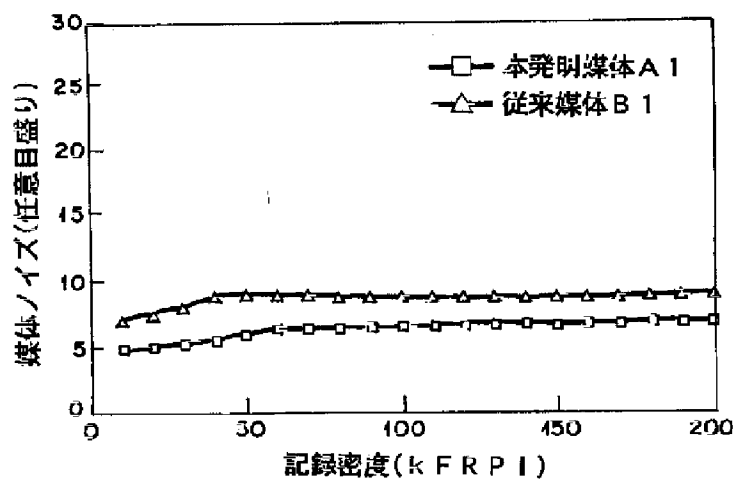
【図1】



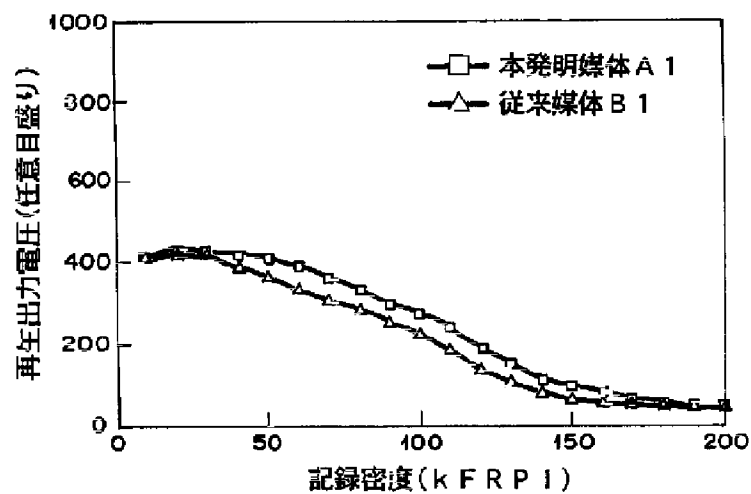
【図38】



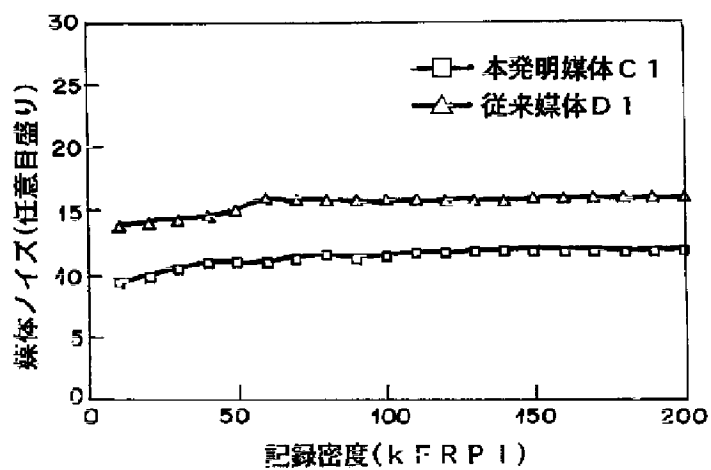
【図2】



【図3】



【図5】



【 図 4 】

膜構成	従来膜体B1	本発明膜体A1	比較膜体A2	本発明膜体A3
膜厚	78Co-18Cr-3Ta 74Fe-18Si-10Al Or	78Co-18Cr-3Ta 74Fe-18Si-10Al 50Ni-50Al	78Co-18Cr-3Ta 74Fe-18Si-10Al 15Ni-85Al	78Co-18Cr-3Ta 74Fe-18Si-10Al 20Ni-80Al
作製条件	無直焼化膜 (nm) 下地膜厚 (nm) CrまたはTi/Al合金膜 (nm) 初期真空度 (10E-7Torr) 投入電力 (kW)	50 500 10 5 0.5	50 500 10 5 0.5	50 500 10 5 0.5
測定結果	アルゴンガス圧 (mTorr) $\Delta \theta 50$ (deg) 平均結晶粒径 (nm) 結晶粒径の標準偏差 (nm) ノイズ電圧 (200kHzFRF) (au) D50 (4FRF)	5 8.1 28 10 9 105	5 4.9 21 7 7 115	5 6.3 23 12 10 95

(A)

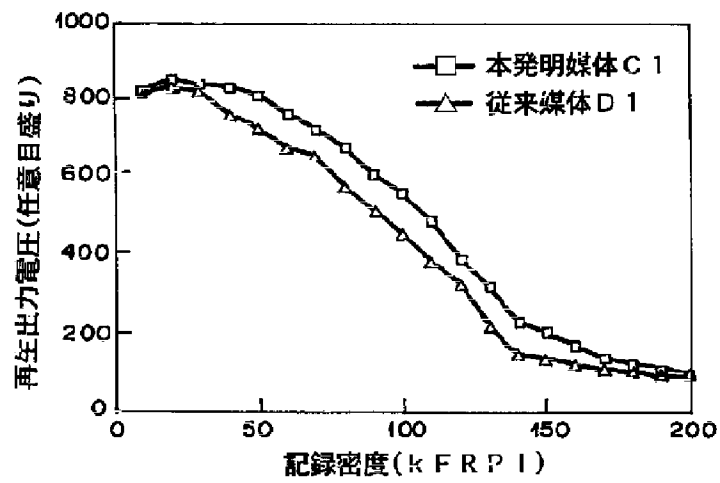
【 図 8 】

膜構成	本発明膜体A4	本発明膜体A5	比較膜体A6	比較膜体A7
膜厚	78Co-18Cr-3Ta 74Fe-18Si-10Al 35Ni-65Al	78Co-18Cr-3Ta 74Fe-18Si-10Al 85Ni-15Al	78Co-18Cr-3Ta 74Fe-18Si-10Al 80Ni-20Al	78Co-18Cr-3Ta 74Fe-18Si-10Al 85Ni-15Al
作製条件	無直焼化膜 (nm) 下地膜厚 (nm) CrまたはTi/Al合金膜 (nm) 初期真空度 (10E-7Torr) 投入電力 (kW)	50 500 10 5 0.5	50 500 10 5 0.5	50 500 10 5 0.5
測定結果	アルゴンガス圧 (mTorr) $\Delta \theta 50$ (deg) 平均結晶粒径 (nm) 結晶粒径の標準偏差 (nm) ノイズ電圧 (200kHzFRF) (au) D50 (4FRF)	5 3.9 22 7 7 110	5 4.7 24 7 7.5 115	5 3.6 23 6 6.5 100

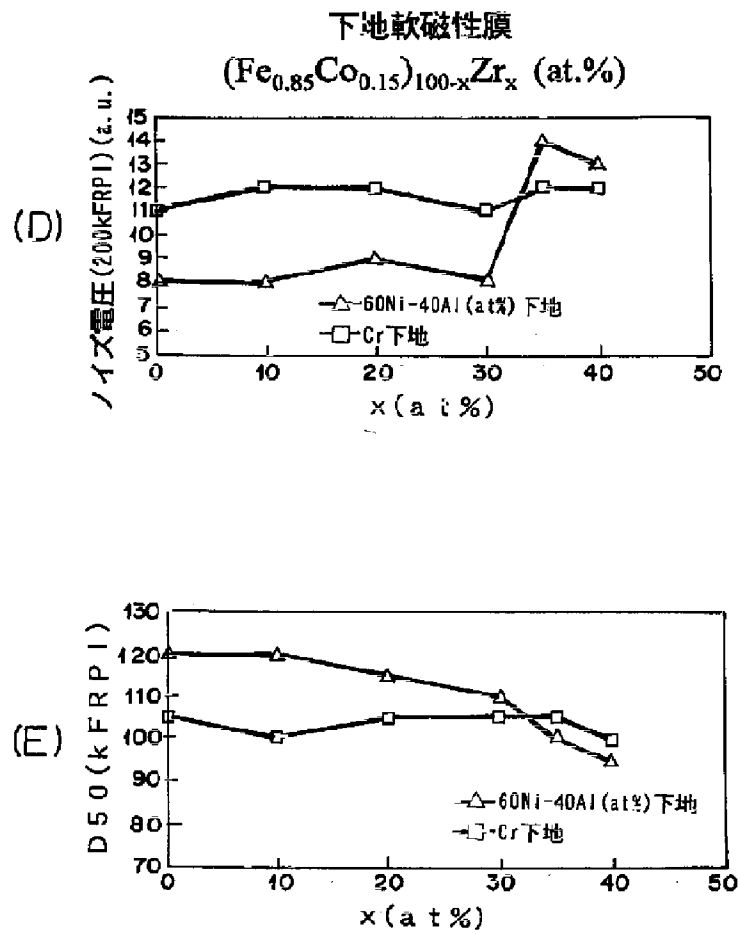
(B)

膜構成	本発明膜体C6	本発明膜体C7	比較膜体C8
膜厚	78Co-18Cr-1Ta-5Pt Fe 60Ni-30Al-10Mo	78Co-18Cr-1Ta-5Pt Fe 40Ni-20Al-40Mo	78Co-18Cr-1Ta-5Pt Fe 38Ni-19Al-43Mo
作製条件	無直焼化膜 (nm) 下地膜厚 (nm) CrまたはTi/Al合金膜 (nm) 初期真空度 (10E-7Torr) 投入電力 (kW)	50 500 20 6 0.7	50 500 20 6 0.7
測定結果	アルゴンガス圧 (mTorr) $\Delta \theta 50$ (deg) 平均結晶粒径 (nm) 結晶粒径の標準偏差 (nm) ノイズ電圧 (200kHzFRF) (au) D50 (4FRF)	5 3.5 20 7 10 115	5 3.9 23 9 10 115

【図6】



【図12】



【図7】

膜構成	従来膜体D1		従来膜体D2		従来膜体D3		従来膜体D3	
	垂直磁化膜 (at.%)	78Co-20Cr-2Ti <sub>a</sub>	76Co-18Cr-1Ti <sub>a</sub> -5Pt	78Co-18Cr-4Ti <sub>a</sub>	78Co-18Cr-3Ti <sub>a</sub> -3Pt	78Co-18Cr-3Ti <sub>a</sub> -3Pt	78Co-18Cr-3Ti <sub>a</sub> -3Pt	78Co-18Cr-3Ti <sub>a</sub> -3Pt
膜厚	下地軟磁性膜 (at.%)	74Fe-18Si-10Al	Fe	Cr	80Fe-20Co	80Fe-20Co	80Fe-20Co	80Fe-20Co
	CrまたはNiAl合金膜 (at.%)	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr
垂直磁化膜 (nm)	垂直磁化膜 (nm)	100	100	50	100	100	100	100
	下地軟磁性膜 (nm)	500	500	500	400	400	400	400
CrまたはNiAl合金膜 (nm)	CrまたはNiAl合金膜 (nm)	20	20	20	10	10	10	10
	初期真空度 (x10E-7Torr)	6	6	6	5	5	5	5
投入電力 (kW)	投入電力 (kW)	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
	アルゴンガス圧 (mTorr)	6	6	6	4	4	4	4
測定結果	Δθ 50 (deg)	4.4	4.4	4.3	4.7	4.7	4.7	4.7
	平均磁厚膜厚 (nm)	27	27	26	28	28	28	28
結晶粒径の標準偏差 (nm)	結晶粒径の標準偏差 (nm)	12	12	12	12	12	12	12
	ノイズ量 (E200XFRPI) (au)	1.6	1.6	1.3	1.6	1.6	1.6	1.6
D50 (XFRPI)	D50 (XFRPI)	108	108	109	100	100	100	100

(A)

膜構成	本発明膜体C1		本発明膜体C2		本発明膜体C3		本発明膜体C4	
	垂直磁化膜 (at.%)	78Co-20Cr-2Ti <sub>a</sub>	78Co-20Cr-2Ti <sub>a</sub>	78Co-20Cr-2Ti <sub>a</sub>	78Co-20Cr-2Ti <sub>a</sub>	78Co-20Cr-2Ti <sub>a</sub>	78Co-20Cr-2Ti <sub>a</sub>	78Co-20Cr-2Ti <sub>a</sub>
膜厚	下地軟磁性膜 (at.%)	74Fe-18Si-10Al	74Fe-18Si-10Al	74Fe-18Si-10Al	74Fe-18Si-10Al	74Fe-18Si-10Al	74Fe-18Si-10Al	74Fe-18Si-10Al
	CrまたはNiAl合金膜 (at.%)	45Ni-45Al-10Ti	35Ni-35Al-30Ti	30Ni-30Al-40Ti	30Ni-30Al-40Ti	30Ni-30Al-40Ti	30Ni-30Al-40Ti	30Ni-30Al-40Ti
垂直磁化膜 (nm)	垂直磁化膜 (nm)	100	100	100	100	100	100	100
	下地軟磁性膜 (nm)	500	500	500	500	500	500	500
CrまたはNiAl合金膜 (nm)	CrまたはNiAl合金膜 (nm)	20	20	20	20	20	20	20
	初期真空度 (x10E-7Torr)	6	6	6	6	6	6	6
投入電力 (kW)	投入電力 (kW)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	アルゴンガス圧 (mTorr)	6	6	6	6	6	6	6
測定結果	Δθ 50 (deg)	3.6	3.6	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
	平均磁厚膜厚 (nm)	21	21	22	22	22	22	22
結晶粒径の標準偏差 (nm)	結晶粒径の標準偏差 (nm)	8	8	7	7	7	7	7
	ノイズ量 (E200XFRPI) (au)	12	12	12	12	12	12	12
D50 (XFRPI)	D50 (XFRPI)	115	115	120	120	120	120	120

(B)

【図19】

膜構成	77Co-18Cr-4Ti <sub>a</sub>		74Co-18Cr-2Ti <sub>a</sub> -6Pt		78Co-16Cr-3Ti <sub>a</sub> -3Pt		78Co-20Cr-2Ti <sub>a</sub>	
	垂直磁化膜 (at.%)	(Fe <sub>0.55</sub> Co <sub>0.45</sub> ) <sub>100-x</sub> Zr <sub>x</sub>	(Fe <sub>0.55</sub> Si <sub>0.45</sub> Al <sub>0.10</sub> ) <sub>100-x</sub> Ti <sub>x</sub>	(Fe <sub>0.55</sub> Ni <sub>0.45</sub> ) <sub>100-x</sub> (Ni <sub>0.50</sub> Fe <sub>0.50</sub> ) <sub>x</sub>	(Fe <sub>0.55</sub> Ni <sub>0.45</sub> ) <sub>100-x</sub> (Ni <sub>0.50</sub> Fe <sub>0.50</sub> ) <sub>x</sub>	(Fe <sub>0.55</sub> Ni <sub>0.45</sub> ) <sub>100-x</sub> (Ni <sub>0.50</sub> Fe <sub>0.50</sub> ) <sub>x</sub>	(Fe <sub>0.55</sub> Ni <sub>0.45</sub> ) <sub>100-x</sub> (Ni <sub>0.50</sub> Fe <sub>0.50</sub> ) <sub>x</sub>	(Fe <sub>0.55</sub> Ni <sub>0.45</sub> ) <sub>100-x</sub> (Ni <sub>0.50</sub> Fe <sub>0.50</sub> ) <sub>x</sub>
膜厚	下地軟磁性膜 (at.%)	60Ni-40Al	63Ni-37Al	34Ni-62Al-4W	34Ni-62Al-4W	34Ni-62Al-4W	34Ni-62Al-4W	34Ni-62Al-4W
	CrまたはNiAl合金膜 (nm)	60	60	50	50	50	50	50
垂直磁化膜 (nm)	垂直磁化膜 (nm)	400	400	600	600	600	600	600
	下地軟磁性膜 (nm)	15	15	10	10	10	10	10
CrまたはNiAl合金膜 (nm)	CrまたはNiAl合金膜 (nm)	6	6	8	8	8	8	8
	初期真空度 (x10E-7Torr)	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
投入電力 (kW)	投入電力 (kW)	4	4	5	5	5	5	5
	アルゴンガス圧 (mTorr)	4	4	5	5	5	5	5
測定結果	Δθ 50 (deg)	115	115	120	120	120	120	120
	平均磁厚膜厚 (nm)	21	21	22	22	22	22	22
結晶粒径の標準偏差 (nm)	結晶粒径の標準偏差 (nm)	8	8	7	7	7	7	7
	ノイズ量 (E200XFRPI) (au)	12	12	12	12	12	12	12
D50 (XFRPI)	D50 (XFRPI)	115	115	120	120	120	120	120

【図9】

膜構成	本発明媒体C9		本発明媒体G10		本発明媒体G11		比較媒体G12	
	垂直磁化膜 (at.%)	78Co-18Cr-4Ti	78Co-18Cr-4Ti	80Fe-20Co	80Fe-20Co	80Fe-20Co	78Co-18Cr-4Ti	80Fe-20Co
下地軟磁性膜 (at.%)								
CrまたはNi/Al合金膜 (at.%)								
垂直磁化膜 (nm)		30Ni-50Al-5Ti-8V	23Ni-47Al-16Ti-16V	100	100	100	100	100
下地軟磁性膜 (nm)				400	400	400	400	400
CrまたはNi/Al合金膜 (nm)				10	10	10	10	10
初期真空中度 (x10E-7Torr)				5	5	5	5	5
投入電力 (kW)				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
アルゴンガス圧 (mTorr)				4	4	4	4	4
測定結果								
Δθ50 (deg)				3.7	3.5	4.1	4.1	5
平均結晶粒径 (nm)				21	21	24	24	31
結晶粒径の標準偏差 (nm)				7	9	10	10	13
ノイズ量圧 (200kFRP) (dB)				12	12	14	14	18
D50 (kFRP)				115	115	110	110	95

【図10】

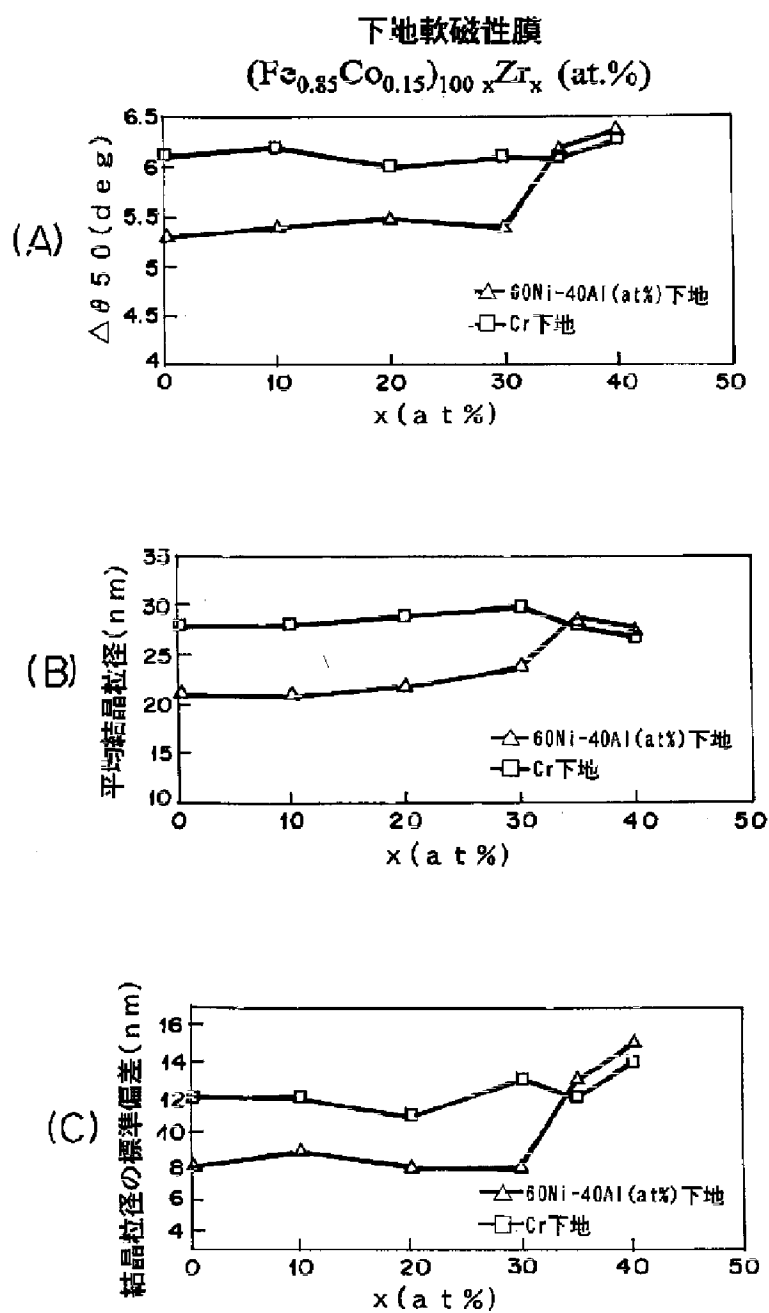
膜構成	本発明媒体G13		本発明媒体G14		本発明媒体G15		比較媒体G16	
	垂直磁化膜 (at.%)	78Co-18Cr-3Ti-3Pt	78Co-18Cr-3Ti-3Pt	80Fe-10Ni	80Fe-10Ni	80Fe-10Ni	78Co-18Cr-3Ti-3Pt	80Fe-10Ni
下地軟磁性膜 (at.%)								
CrまたはNi/Al合金膜 (at.%)								
垂直磁化膜 (nm)		42Ni-45Al-8Mo-2W	35Ni-35Al-24Mo-6W	80	60	80	80	80
下地軟磁性膜 (nm)				500	500	500	500	500
CrまたはNi/Al合金膜 (nm)				15	15	15	15	15
初期真空中度 (x10E-7Torr)				4	4	4	4	4
投入電力 (kW)				0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
アルゴンガス圧 (mTorr)				5	5	5	5	5
測定結果								
Δθ50 (deg)				3.5	3.5	3.9	3.9	5.1
平均結晶粒径 (nm)				22	20	23	23	30
結晶粒径の標準偏差 (nm)				9	10	9	9	15
ノイズ量圧 (200kFRP) (dB)				11	12	15	15	18
D50 (kFRP)				115	120	110	110	100

【図28】

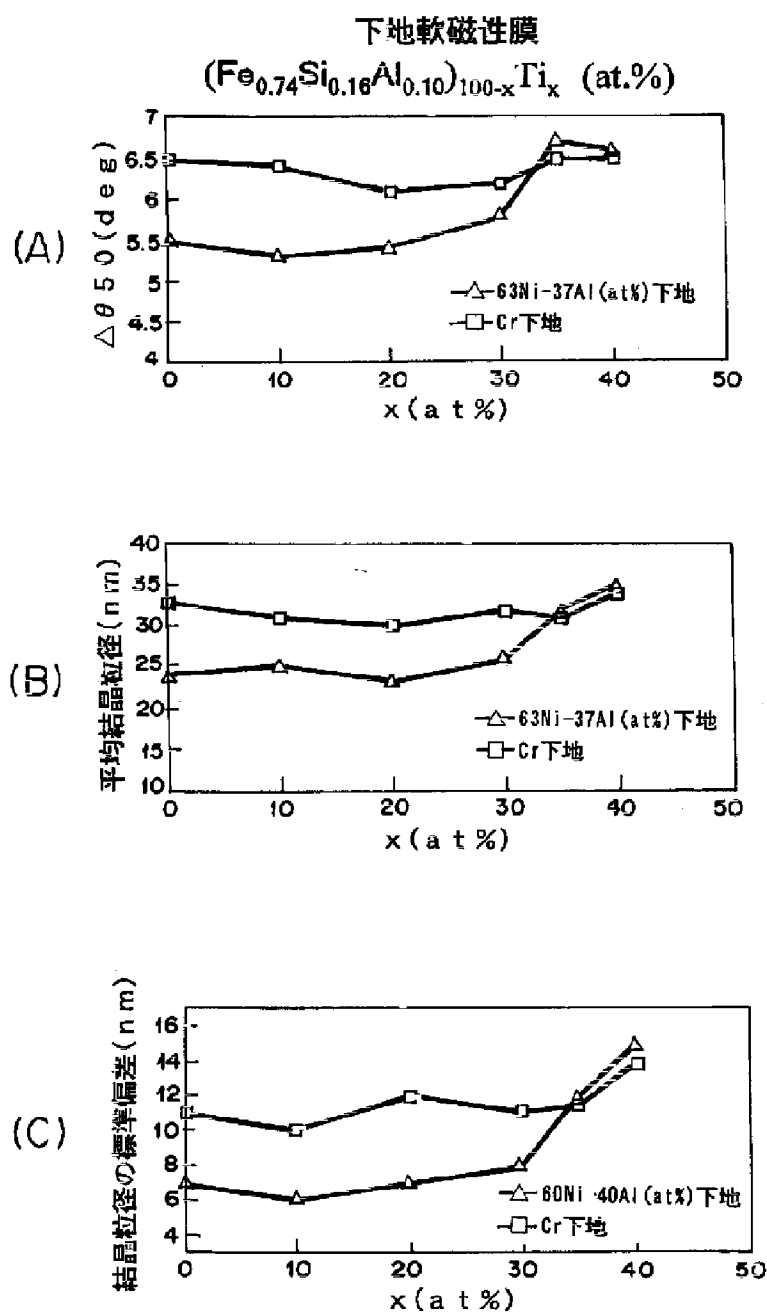
膜構成	76Co-17Cr-2Ta-5Pt		77Co-19Cr-4Ta		78Co-18Cr-3Ta-3Pt		78Co-18Cr-1Ta-5Pt	
	垂直磁化膜 (at.%)	Fe <sub>90</sub> -Ni <sub>10</sub>	(Fe <sub>90</sub> Co <sub>10</sub> ) <sub>100-x</sub> Si <sub>x</sub>	(Fe <sub>90</sub> Ni <sub>10</sub> ) <sub>100-x</sub> (B <sub>10</sub> Al <sub>10</sub> ) <sub>x</sub>	(Fe <sub>90</sub> Ni <sub>10</sub> ) <sub>100-x</sub> (B <sub>10</sub> Al <sub>10</sub> ) <sub>x</sub>	(Fe <sub>90</sub> Ni <sub>10</sub> ) <sub>100-x</sub> (B <sub>10</sub> Al <sub>10</sub> ) <sub>x</sub>	(Fe <sub>90</sub> Ni <sub>10</sub> ) <sub>100-x</sub> (B <sub>10</sub> Al <sub>10</sub> ) <sub>x</sub>	(Fe <sub>90</sub> Ni <sub>10</sub> ) <sub>100-x</sub> (B <sub>10</sub> Al <sub>10</sub> ) <sub>x</sub>
下地軟磁性膜 (nm)								
Ni/Al合金膜 (at.%)								
垂直磁化膜 (nm)		48Ni-47Al-4Mo	30Ni-70Al	46Ni-46Al-6Mo	46Ni-46Al-6Mo	46Ni-46Al-6Mo	46Ni-46Al-6Mo	46Ni-46Al-6Mo
下地軟磁性膜 (nm)								
CrまたはNi/Al合金膜 (nm)								
初期真空中度 (x10E-7Torr)								
投入電力 (kW)								
アルゴンガス圧 (mTorr)								



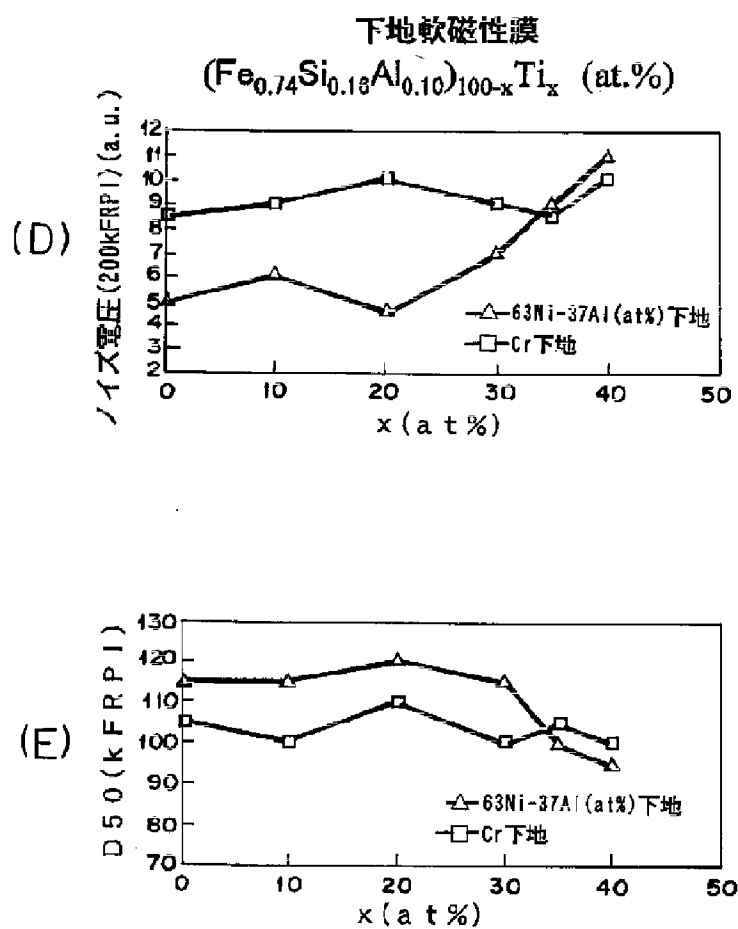
【図11】



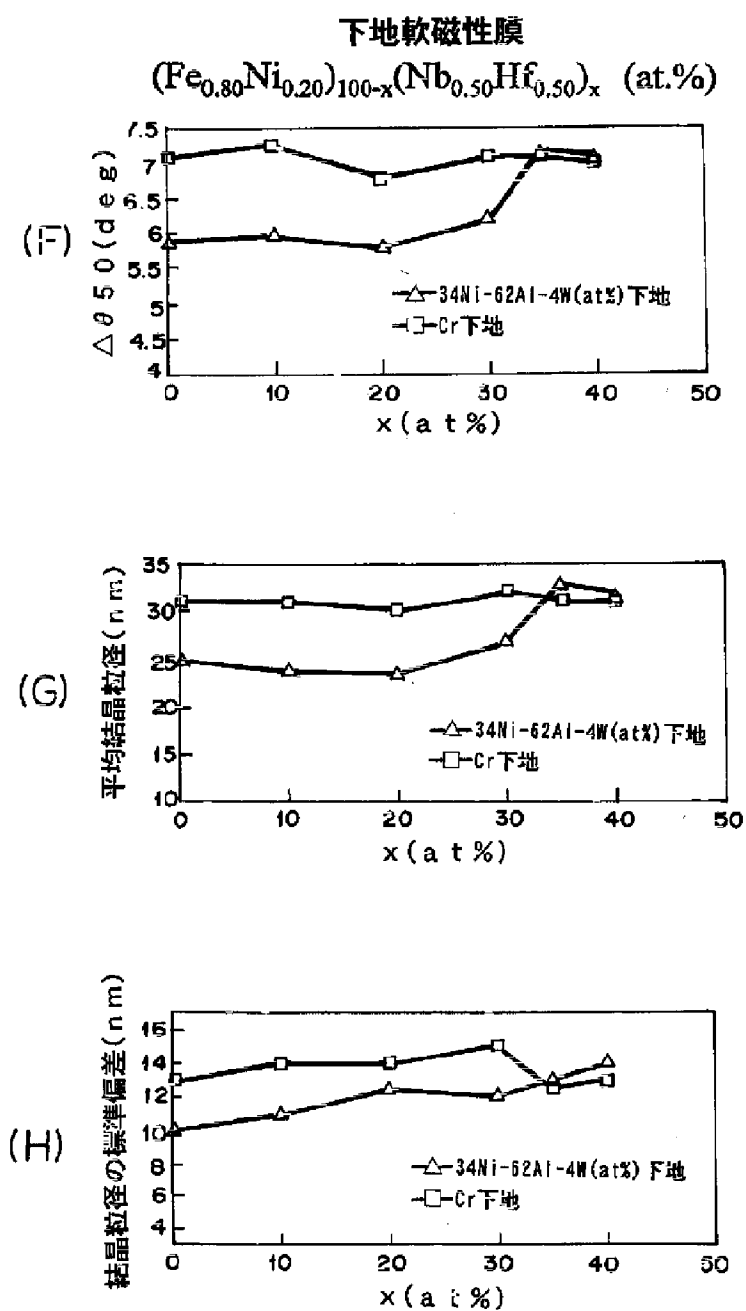
【図13】



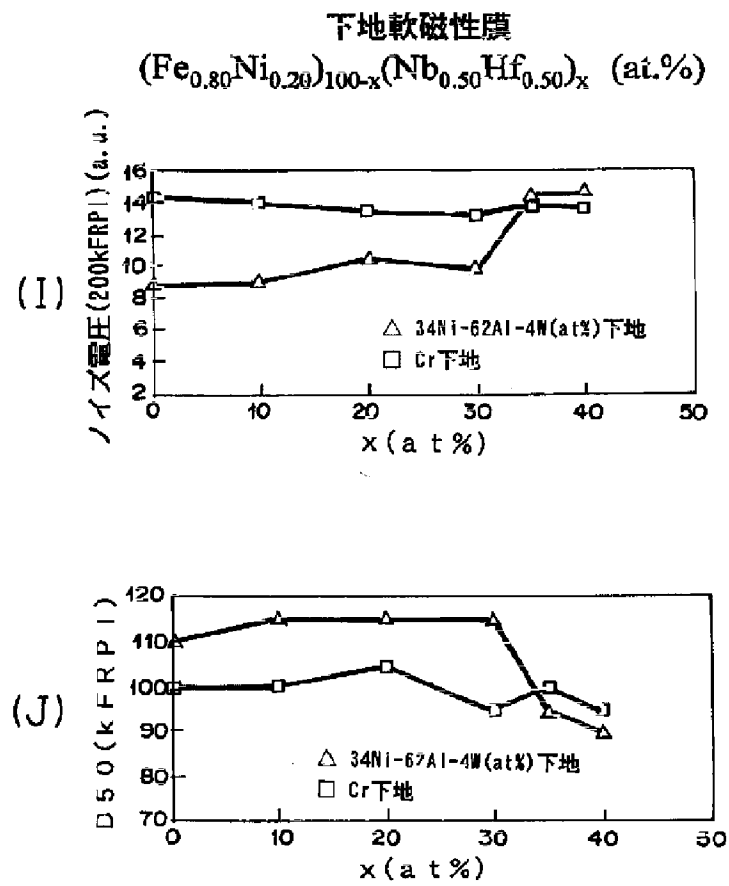
【図14】



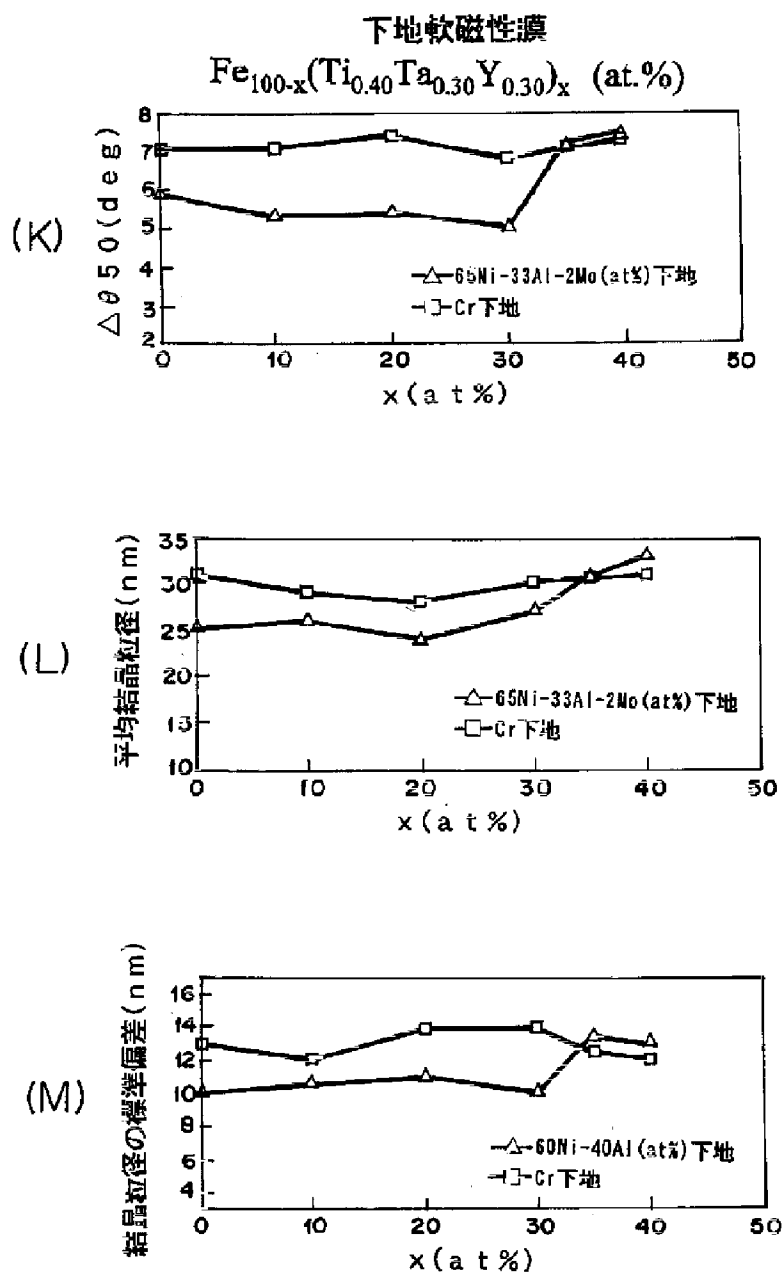
【図15】



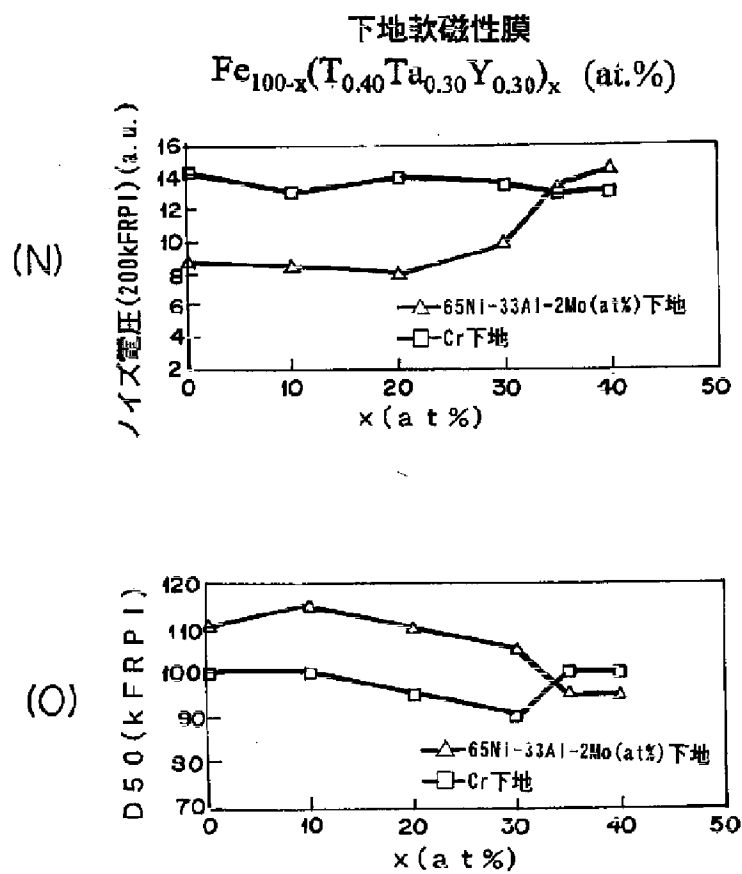
【図16】



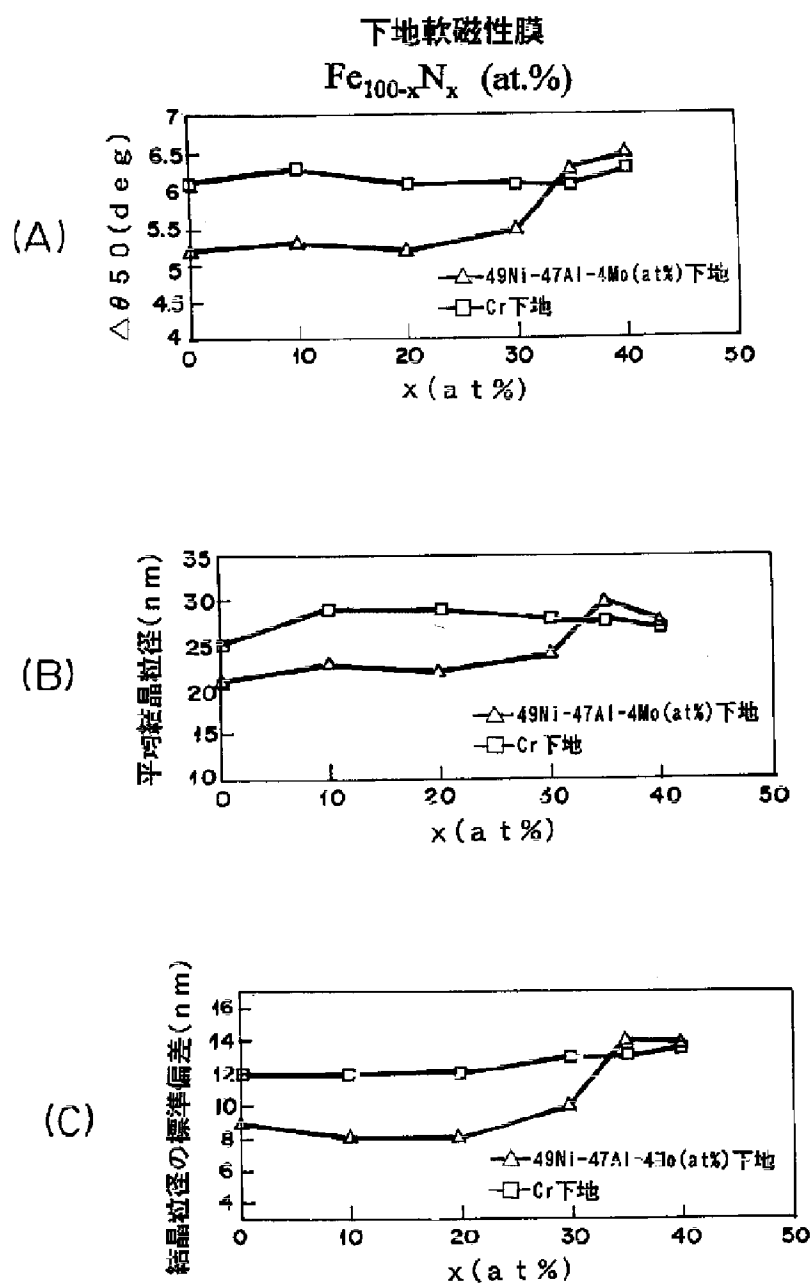
【図17】



【図18】

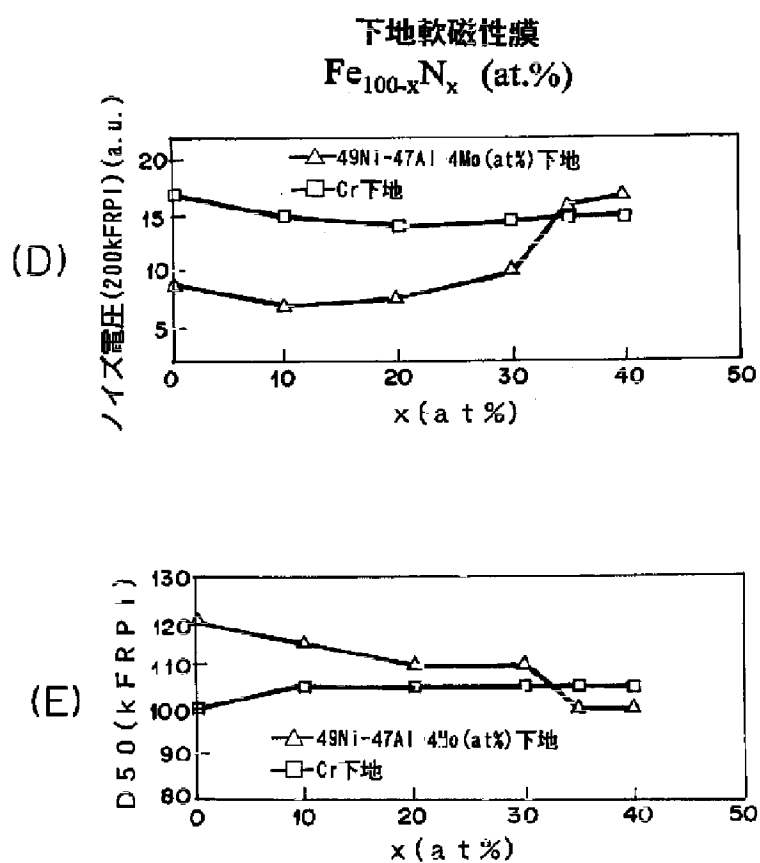


【図20】

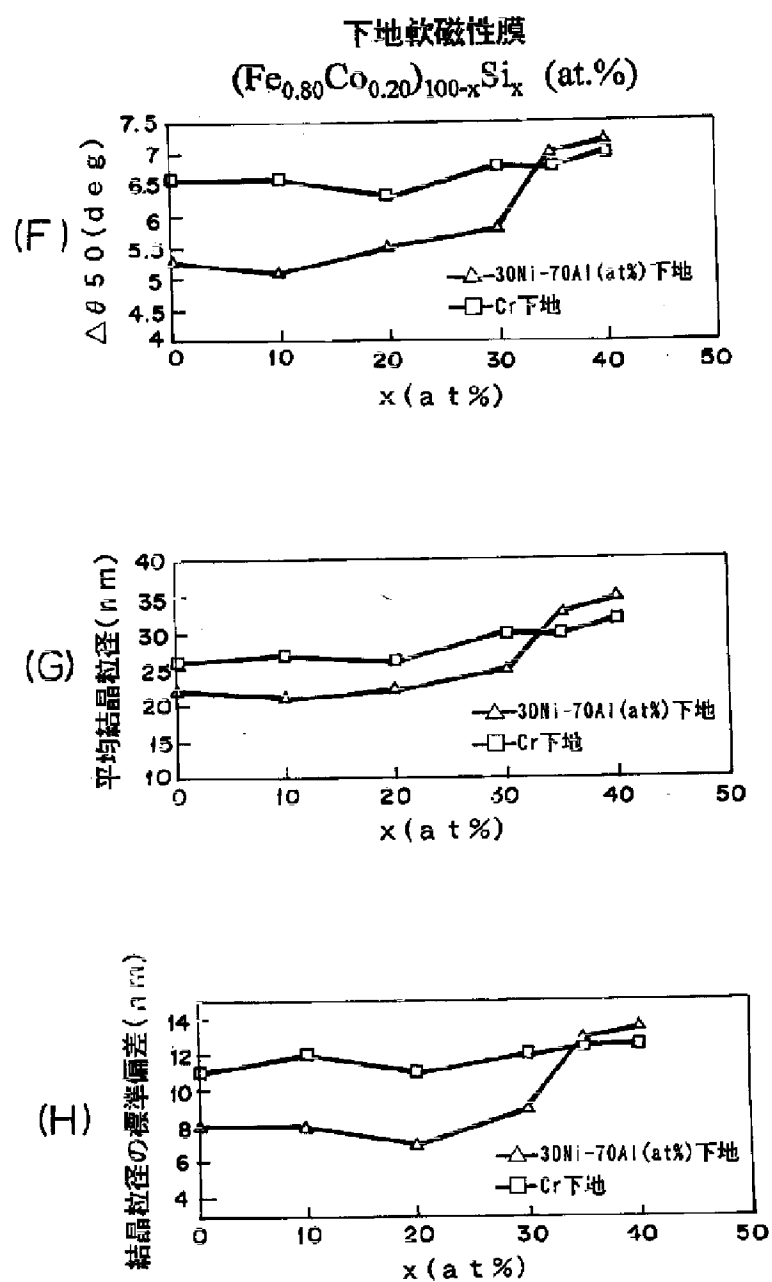




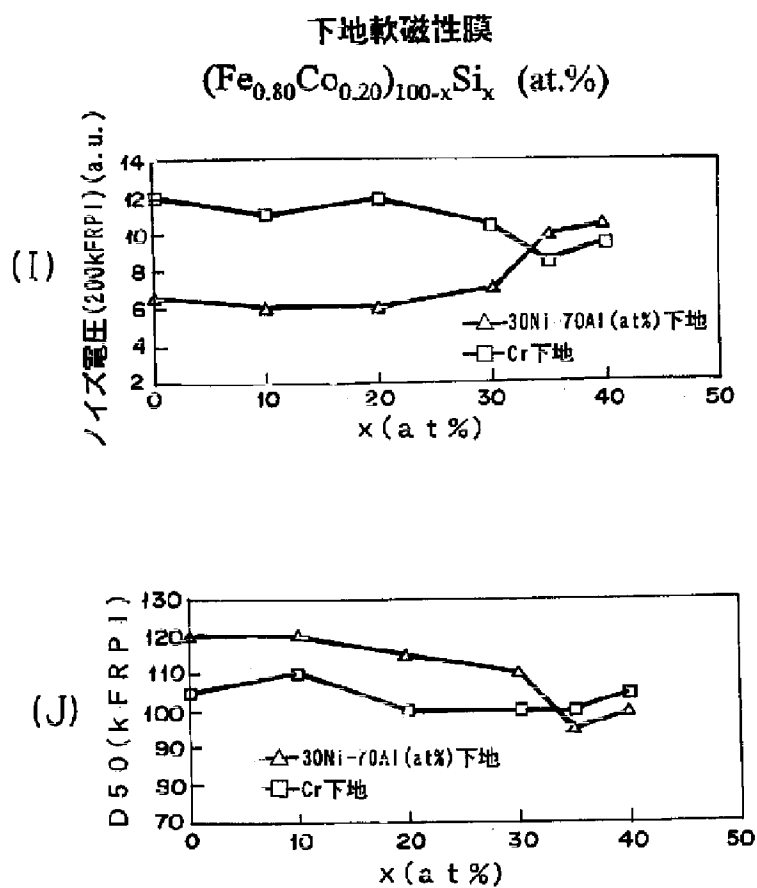
【図21】



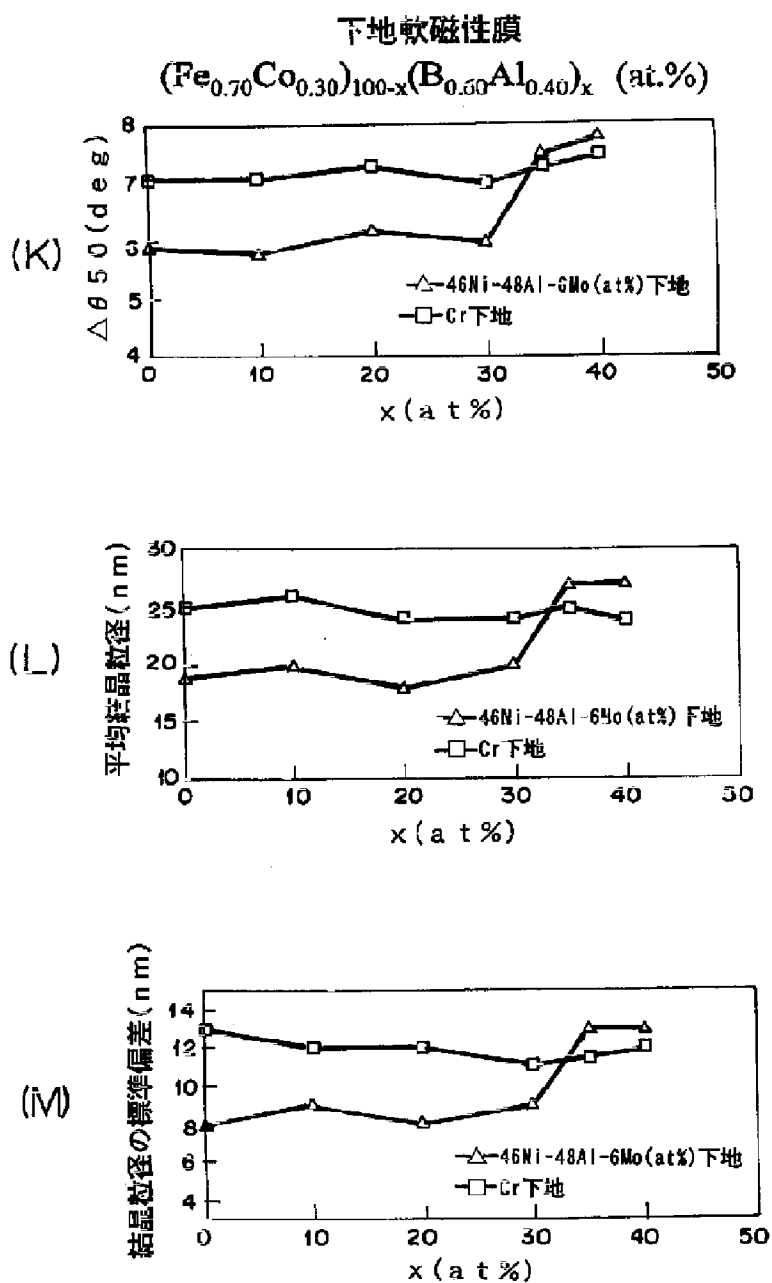
【図22】



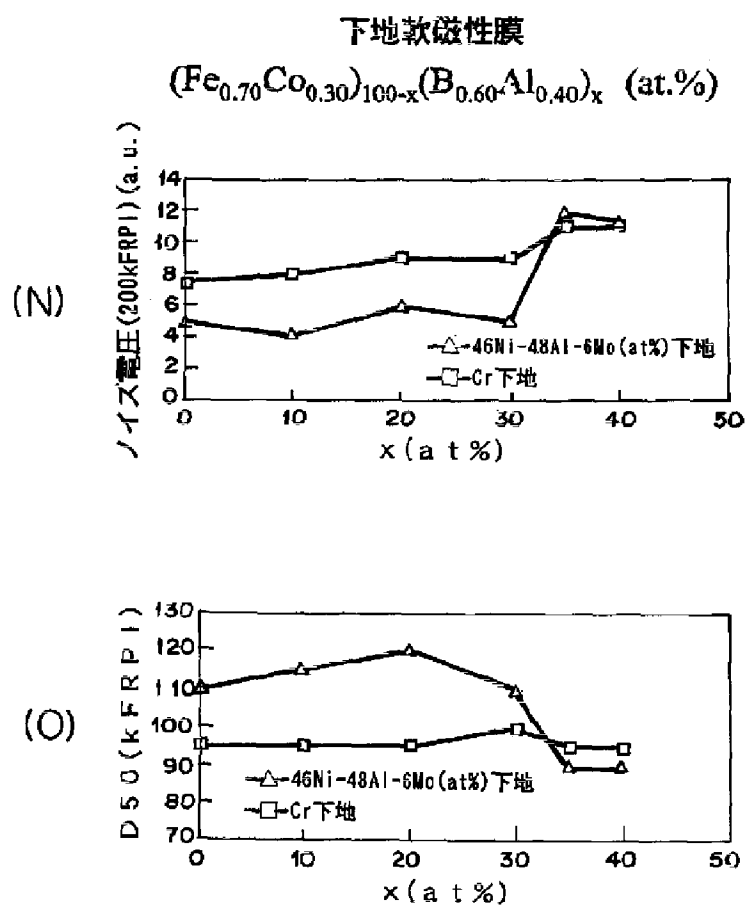
【図23】



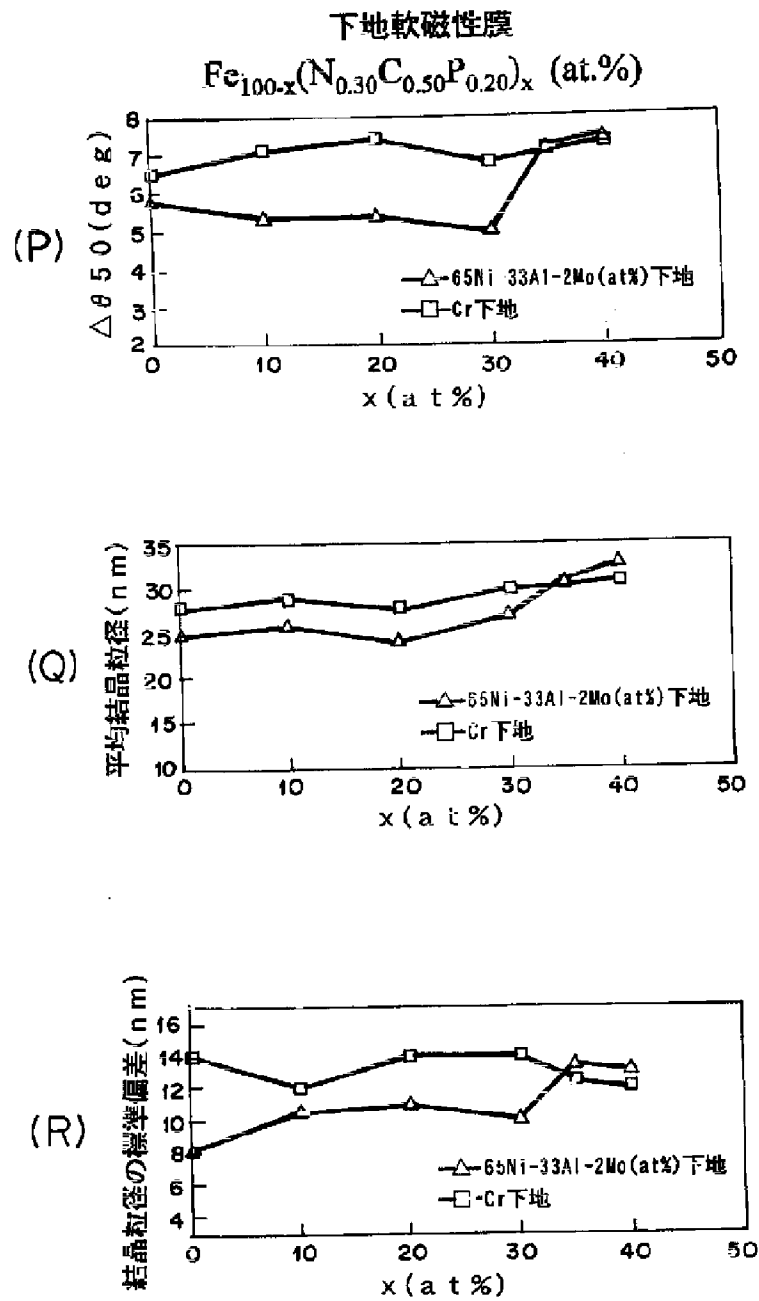
【図24】



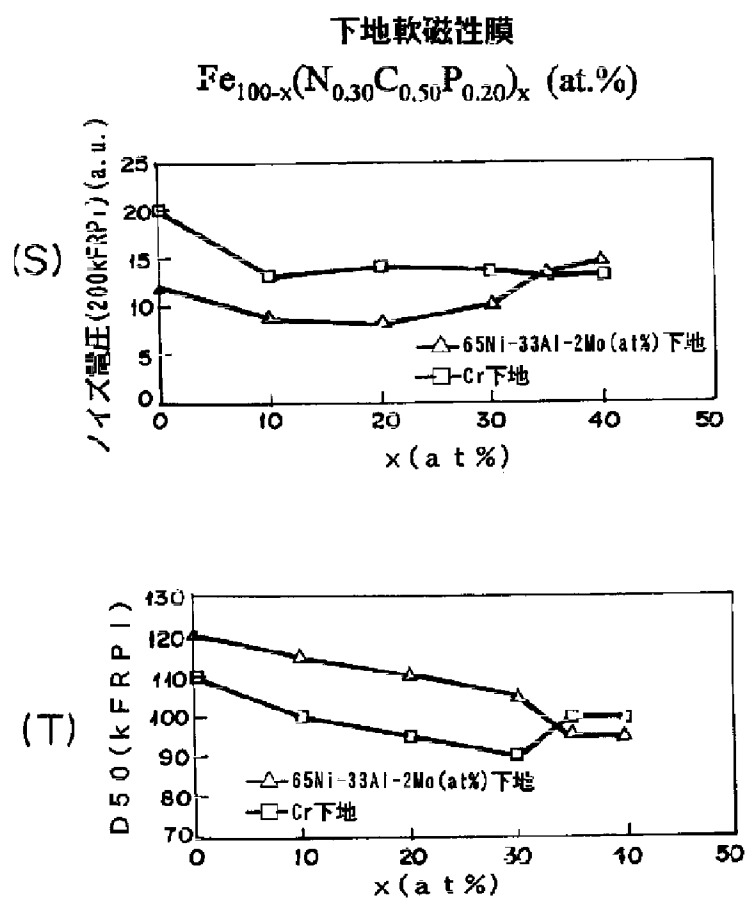
【図25】



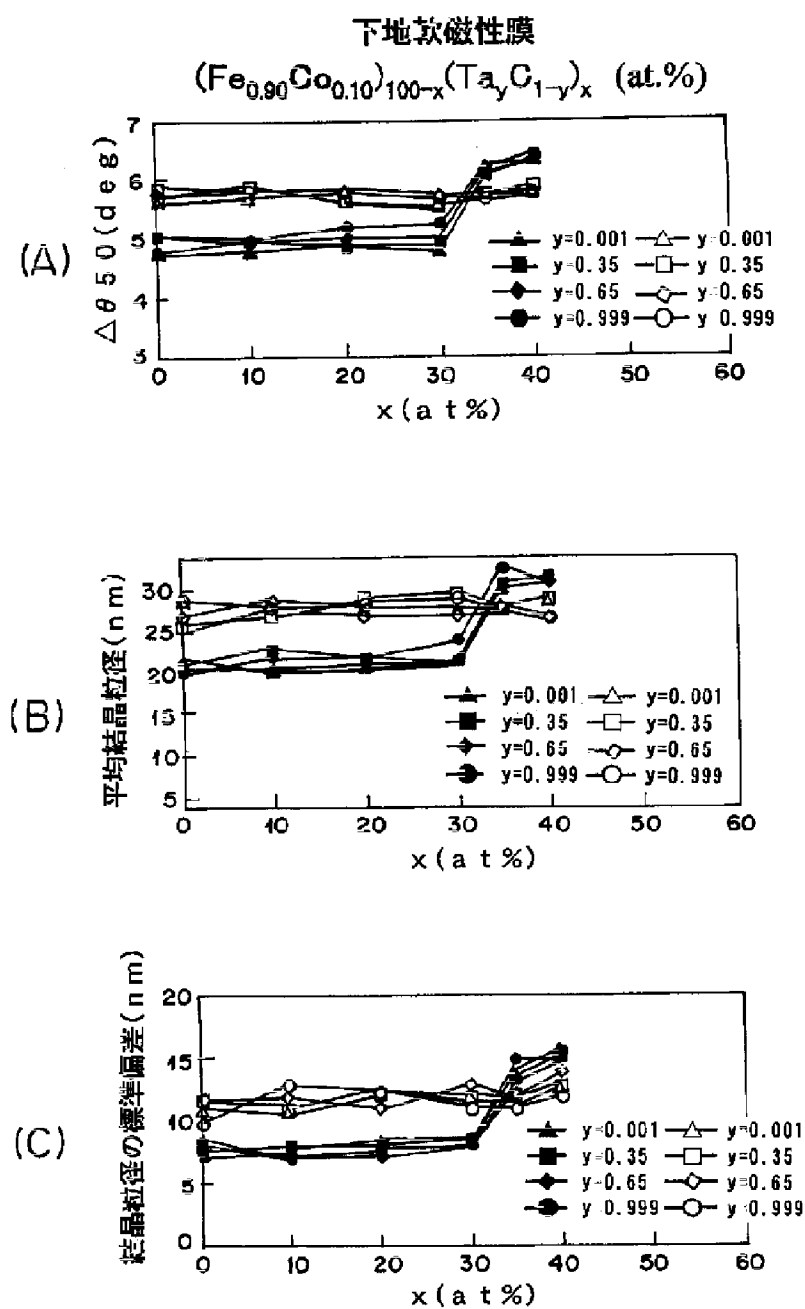
【図26】



【図27】

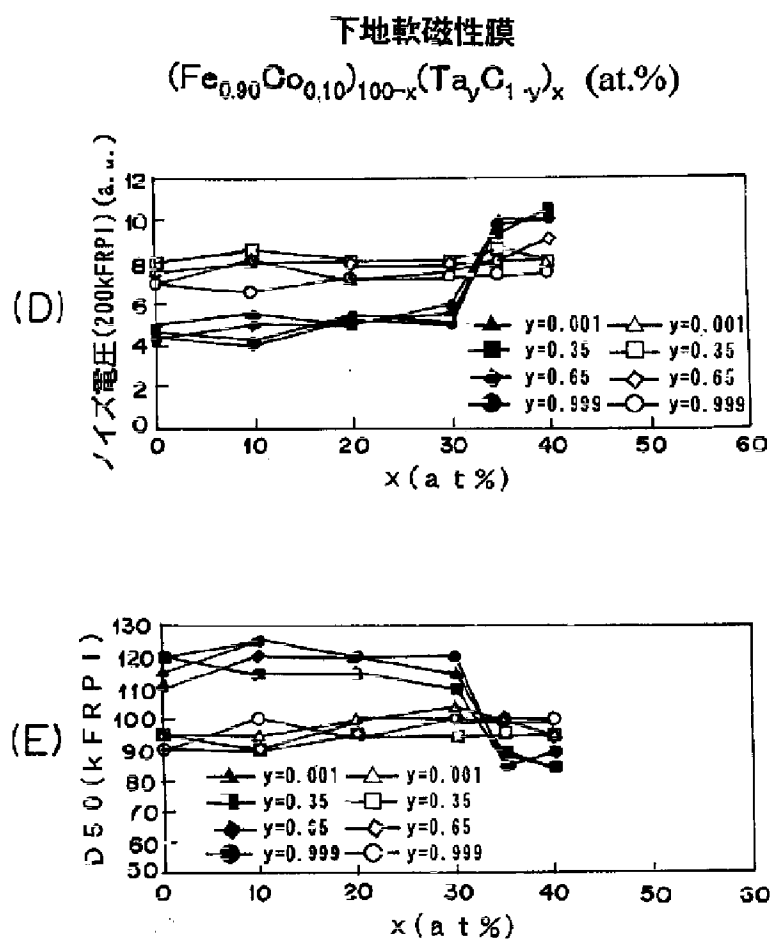


【図29】

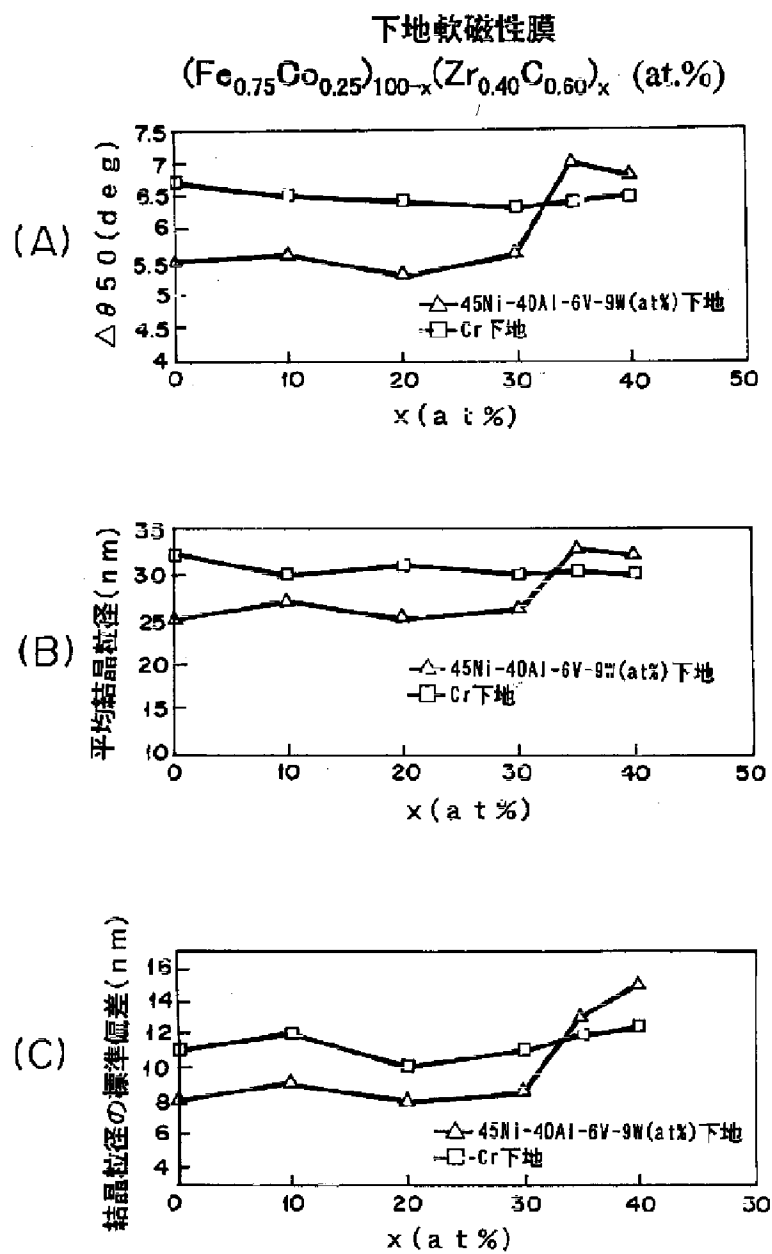




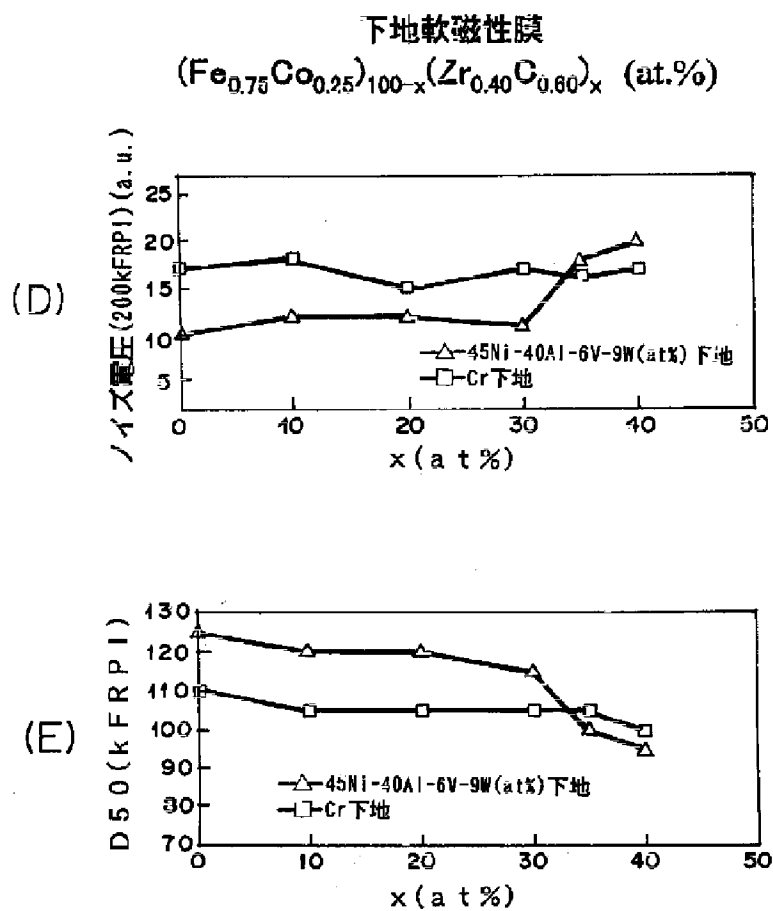
【図30】



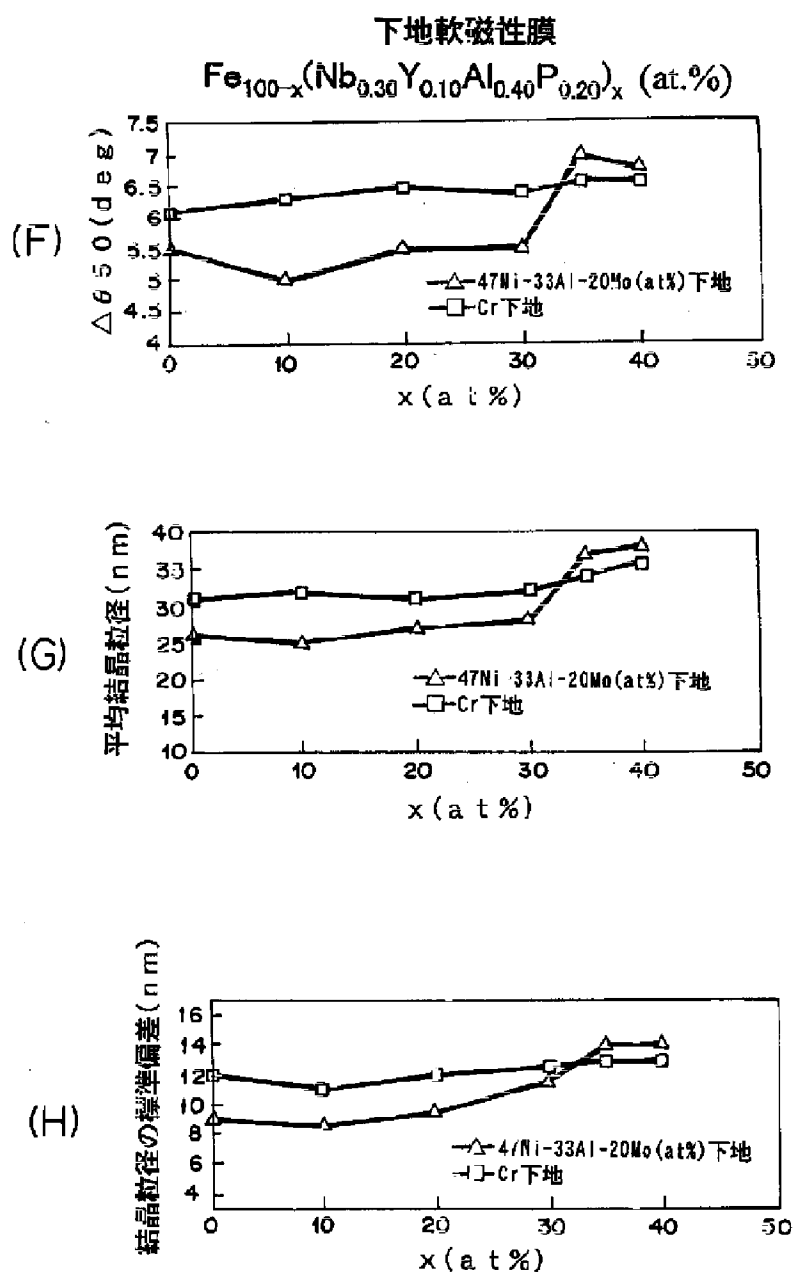
【図31】



【図32】

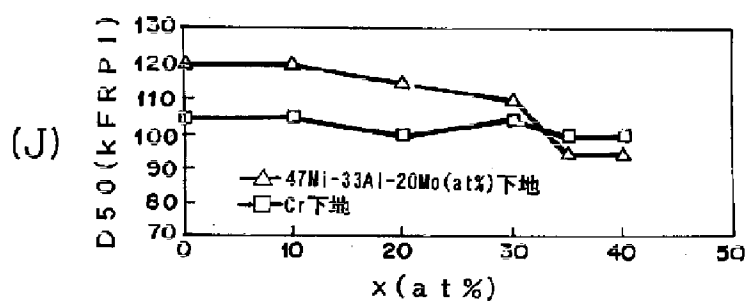
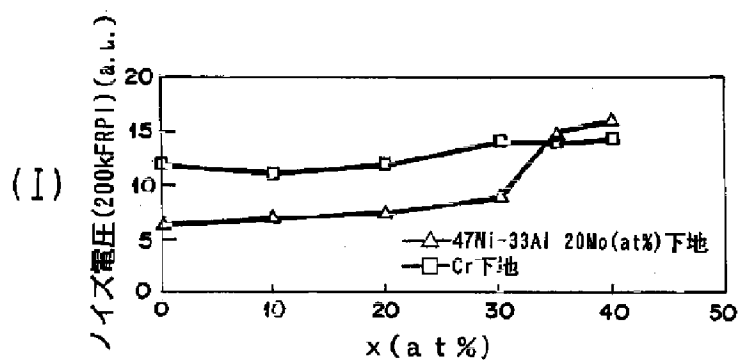


【図33】

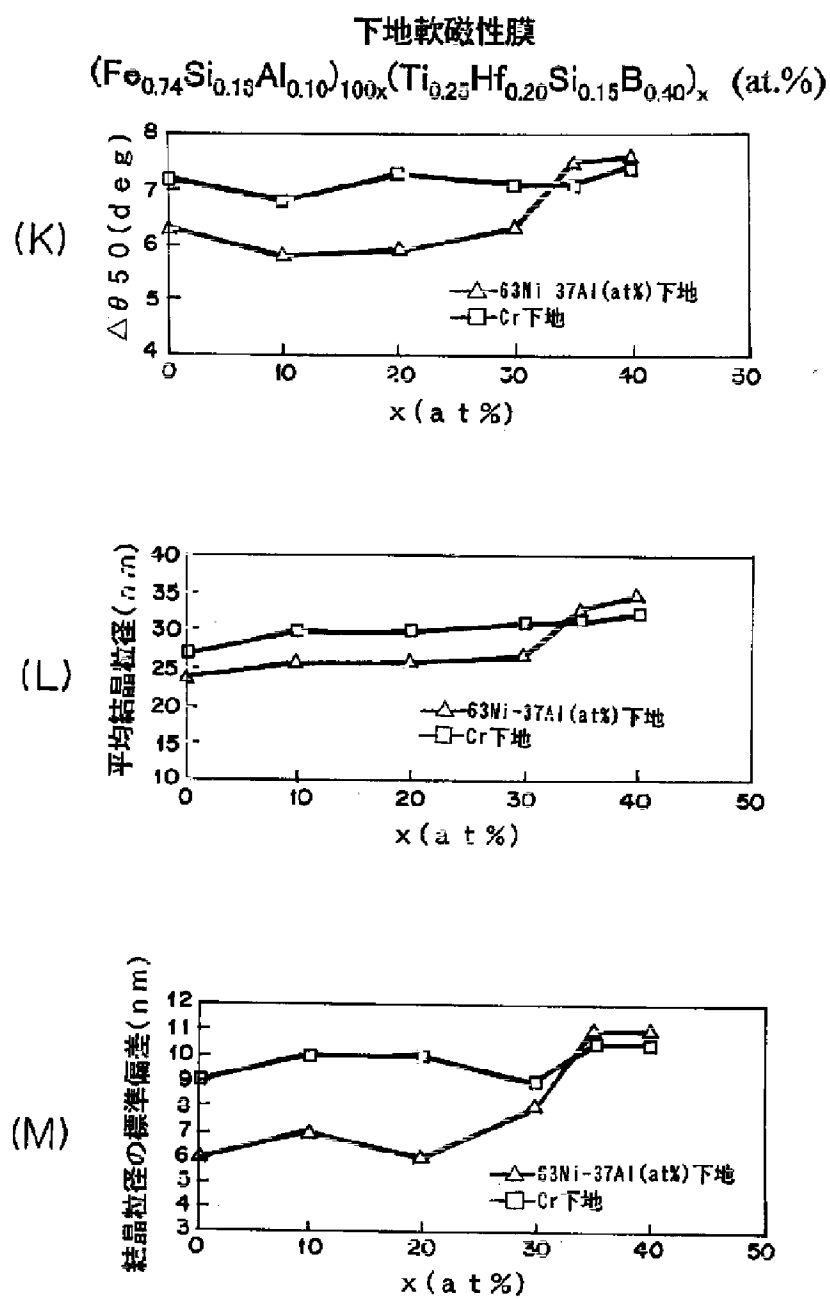


【図34】

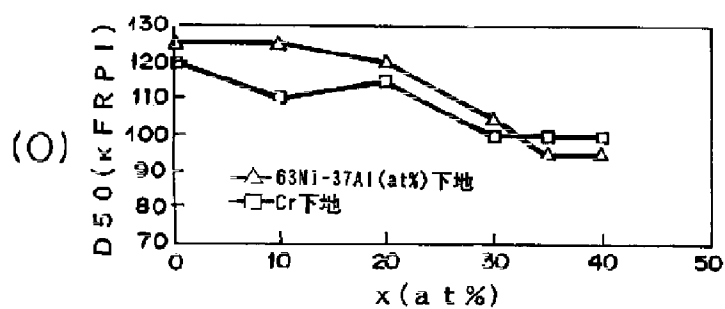
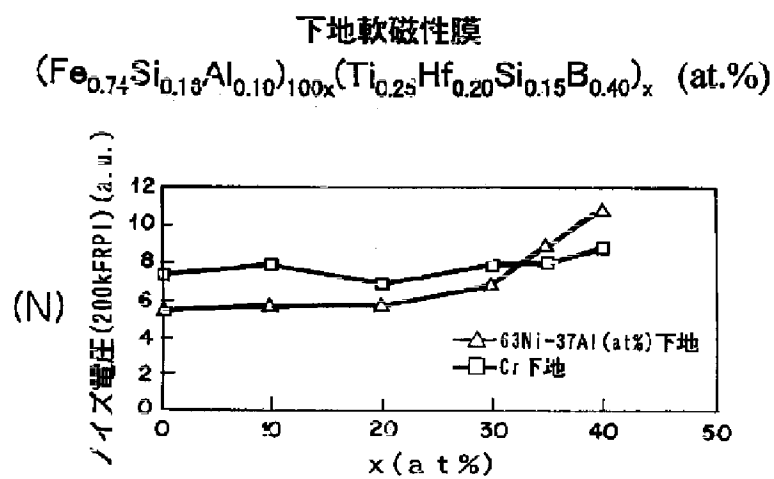
## 下地軟磁性膜



【図35】



【図36】



【図37】

垂直磁化膜 (at. %)	78Co-18Cr-3Ta	76Co-17Cr-3Ta-4Pt	77Co-19Cr-4Ta	74Co-18Cr-2Ta-6Pt
下地軟磁性膜 (at. %)	(Fe <sub>90</sub> Co <sub>10</sub> ) <sub>100-x</sub> (Ta <sub>3</sub> Cr <sub>7</sub> ) <sub>x</sub>	(Fe <sub>90.5</sub> Co <sub>9.5</sub> ) <sub>100-x</sub> (Zr <sub>3.4</sub> Cr <sub>6.6</sub> ) <sub>x</sub>	Fe <sub>91.8</sub> (Nb <sub>8.2</sub> ) <sub>100-x</sub> Y <sub>1.8</sub> Al <sub>0.2</sub> P <sub>0.2</sub> ) <sub>x</sub>	(Fe <sub>88</sub> Si <sub>12</sub> Al <sub>0.1</sub> ) <sub>100-x</sub> (Ti <sub>0.2</sub> Hf <sub>0.38</sub> Si <sub>0.15</sub> B <sub>0.27</sub> ) <sub>x</sub>
Ni/Al合金膜 (at. %)	51Ni-48Al-3Ti	45Ni-40Al-8V-9W	47Ni-33Al-20Mo	63Ni-37Al
垂直磁化膜 (nm)	80	100	80	50
下地軟磁性膜 (nm)	500	600	400	400
CrまたはNi/Al合金膜 (nm)	15	15	20	10
初期真空度 (x10E-7Torr)	6	9	6	7
投入電力 (kW)	0.5	0.6	0.3	0.8
アルゴンガス圧 (mTorr)	5	6	4	6